III-19.249

ION GIURMA

III - 19.249

# SISTEME DE GOSPODĂRIREA APELOR

## PARTEA I

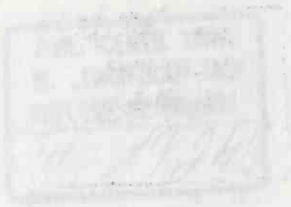
EDITURA CERMI IAŞI
2000

BCU IASI/CE... UNIVERSITY LIBRARY

BIBL. CENTR. UNIV.
M. „EMINESCU" IAȘI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE
III - 19.279

BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ION GIURMA

# SISTEME DE GOSPODĂRIREA APELOR

partea a I-a

EDITURA CERMI IAŞI
2000

BCU IAŞI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Editura CERMI Iaşi
EDITURĂ TEHNICĂ, DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ
Avizată de Ministerul Culturii din România cu avizul
Nr. 3713 din 13 iulie 1995
Str. Curelari, Nr.16
Tel: 092533257, 092265257
Fax: 032116604
E-mail: cermi@mail.dntis.ro

**Prof.Univ.Dr. Ion Giurma**

**Sisteme de gospodărirea apelor**

**Editura CERMI Iaşi**

**2000**

Consilier editorial: Prof.Univ.Dr.Ing. Emanoil Eârsan
Tehnoredactare computerizată : Cristina Cernătescu

**ISBN 973-8000-19-X**

Copyright : toate drepturile asupra acestei ediţii aparţin autorului

Apărut: 2000

BCU IAŞI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# PREFAȚĂ

Lucrarea **"Sisteme de gospodărirea apelor"**, partea a I-a se adresează studenților de la cursurile de zi (specializările: construcții hidrotehnice şi inginerie sanitară şi protecția mediului), precum şi studenților de la studii aprofundate (specializarea: Siguranța lucrărilor hidrotehnice), doctoranzilor şi specialiştilor din domeniul gospodăririi apelor.

Intr-un context mai larg, materialul de față prezintă: noțiuni generale despre teoria sistemelor punând accent pe concepția sistemică în gospodărirea apelor şi apoi definește gospodărirea apelor, studiind resursele de apă şi folosințele de apă şi continuând cu bilanțul acestora din care rezultă necesitatea lucrărilor de gospodărirea apelor pentru satisfacerea cerințelor de apă ale folosințelor pentru stăpânirea apelor prin prevenirea şi combaterea acțiunilor dăunătoare ale acestora, pentru protecția calității apelor şi conservarea resurselor de apă în vederea folosirii lor de generațiile următoare; tot aici sunt puse bazele hidrologice în gospodărirea apelor din care se desprind datele hidrologice necesare dimensionării şi verificării lucrărilor de gospodărirea apelor. Lucrarea se încheie cu dimensionarea lucrărilor de gospodărirea apelor (lacurile de acumulare, derivațiile şi îndiguirile). Concepută în acest sens, lucrarea încearcă să răspundă tendințelor actuale, de abordare sistemică, interdisciplinară, a problemelor legate de gospodărirea apelor.

Departe de a urmări să prezinte în mod exhaustiv informațiile şi cunoştințele existente acum în domeniu, lucrarea îşi propune să constituie un material didactic util pentru cei interesați.

**Prof.dr.ing. Ion GIURMA**
Catedra de Construcții Hidrotehnice şi Inginerie Sanitară
Facultatea de Hidrotehnică
Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iaşi



BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# CUPRINS

Prefață.....1

Capitolul 1 Noțiuni generale despre teoria sistemelor.....4
1.1. Definiția sistemului.....4
1.2. Concepția de cutie neagră.....5
1.3. Conceptul de "stare a sistemului".....7
1.4. Clasificarea sistemului.....8
1.5. Proprietăți ale sistemului.....12
1.6. Sisteme informatice și de conducere.....13
Bibliografie.....16

Capitolul 2 Conceptia sistemică în gospodărirea apelor.....18
2.1. Schematizarea procesului ploaie-scurgere.....18
2.2. Introducerea conexiunii inverse.....23
Bibliografie.....25

Capitolul 3 Probleme generale ale gospodăririi apelor.....27
3.1. Funcțiile apei.....27
3.2. Definirea gospodăririi apelor.....28
3.3. Ramurile gospodăririi apelor.....29
Bibliografie.....30

Capitolul 4 Resursele de apă.....31
4.1. Definirea resurselor de apă.....31
4.2. Resursele de apă din România.....33
4.3. Studiul cantitativ al resurselor de apă.....36
4.4. Studiul calitativ al resurselor de apă.....42
Bibliografie.....45

Capitolul 5 Folosințele de apă.....46
5.1. Tipuri de folosințe.....46
5.2. Necesar, cerințe, consum de apă.....47



BCU ASSENTAL UNIVERSITY LIBRARY

5.3. Bazele hidrologice în gospodărirea apelor..... .70
5.3.1. Debitele caracteristice pe cursurile de apă ..... ..... 70
5.3.2. Debitele necesare în albiile râurilor.....83
5.4. Metodologia de stabilire a gradelor de asigurare a folosinţelor de apă .....87
5.4.1. Noţiunea de probabilitate în gospodărirea apelor ..... 87
5.4.2. Metodologia de stabilire a gradului de asigurare a folosinţelor..... 89
5.4.3. Principii de determinare a gradului de satisfacere a cerinţelor de apă pe baza optimizării economice..... 94
5.5. Restricţii..... 95
5.6. Cadastrul apei..... 97
Bibliografie..... 98

Capitolul 6 Bilanţul apei.....99
6.1. Generalităţi.....99
6.2. Metode de calcul.....100
6.3. Stabilirea secţiunilor de calcul al bilanţului.....105
6.4. Stabilirea secţiunilor de calcul fictive cumulative ..... 109
6.5. Tipuri de bilanţ şi calculul volumelor utile ale lacurilor.....110
Bibliografie.....111

Capitolul 7 Efectele negative ale apelor. Poluarea apelor..... 113
7.1. Tipuri de efecte negative..... ..113
7.2. Poluarea apelor..... . 114
7.2.2. Stabilirea gradului de poluare al apelor şi a limitei de poluare admisibile..... 116
7.2.3. Consecinţele poluarii apelor..... 119
Bibliografie..... 119

Capitolul 8 Regularizarea debitelor prin măsuri şi lucrări de gospodărirea apelor..... 120
8.1. Generalităţi..... 120
8.2. Regularizarea debitelor prin acumulări de apă .....121
Bibliografie..... 218



BCU CLUJ / UNIVERSITY LIBRARY

# CAPITOLUL 1
# NOȚIUNI GENERALE DESPRE TEORIA SISTEMELOR

### *1.1. Definiția sistemului*

Noțiunea de "**sistem**" a fost utilizată intuitiv pentru prima dată de filozofii antici. In acest sens, afirmația lui Aristotel că "*întregul este mai mult decât suma părților*" se poate considera prima definiție a unui sistem. Biologia a fost una din primele științe în care s-a aplicat teoria sistemelor. Astfel, biologul L. Bertalanffy a publicat între anii 1928 – 1950 o serie de lucrări care reprezintă începuturile generale ale teoriei sistemelor. In continuare au apărut noi teorii despre sisteme şi se poate considera că şi în prezent teoria sistemelor este într-o fază creativă şi de evoluție.

In principiu, poate fi definită ca "**sistem**" orice secțiune a realității în care se identifică un ansamblu de fenomene, obiecte, procese, concepte, ființe sau grupuri inter-conectate printr-o mulțime de relații reciproce, precum şi cu mediul înconjurător şi care acționează în comun, conştient sau în mod natural, în vederea atingerii unei finalități (Gh. Boldur – Lățescu, ş.a. 1982).

Un sistem este alcătuit din subsisteme cu toate că se comportă ca un tot unitar în mediul său înconjurător. Subsistemele sunt legate între ele cât şi cu întregul sistem, prin relații structurale şi funcționale de interdependență şi interacțiune; mediul ambiant în care funcționează sistemul formează un suprasistem sau sistem superior care cuprinde sistemul analizat (M.C. Demetrescu, 1974).

***Exemplu:*** Un bazin hidrografic este un sistem format din subsisteme numite subbazine hidrografice; fiecare subbazin hidrografic la rândul lui reprezintă un bazin hidrografic, deci un sistem; privit sub alt aspect, orice bazin hidrografic constituie un sistem format din mai multe subsisteme (înveliş vegetal, strat de sol,



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

acvifere, rețea hidrografică, lucrări de gospodărirea apelor etc.) (R. Drobot, I. Giurma, 1990).

Din punct de vedere al structurii, un sistem este deci un întreg divizibil (în componente), dar funcțional este un întreg indivizibil, deoarece caracteristicile sale sunt proprii numai sistemului considerat în ansamblul său (S. Tămaş, 1982).

***Exemplu:*** Un informatician şi un calculator formează împreună un sistem; nici calculatorul, nici informaticianul nu pot obține separat aceleaşi performanțe (calculatorul nu se poate autoprograma, iar informaticianul nu are posibilitatea şi viteza de lucru a calculatorului); este evident că prin interacțiune, ansamblul capătă proprietăți noi pe care nu le are nici unul din elementele componente (A. Restian, 1981).

Prin topologia sau structura sistemului se înțelege dubletul A, R, unde A este mulțimea elementelor sistemului, iar R este mulțimea conexiunilor dintre componente (generate de fluxuri energetice, informaționale etc.) (R. Drobot, I. Giurma, 1990).

### *I.2. Conceptul de "cutie neagră"*

Acesta se utilizează pentru a caracteriza în modul cel mai general un sistem indiferent de natura lui şi reprezintă sistemul privit ca un tot, făcând abstracție de procesele sale interne.

Conceptul de "**cutie neagră**" formulat de N. Wiener, se bazează pe corelația mărimilor intrare – ieşire şi caracterizează faptul că prin aplicarea unui semnal cunoscut la intrare în sistem se obține un semnal măsurabil la ieşire, fără să se cunoască conținutul sau structura cutiei negre.

Intrările şi ieşirile din sistem reprezintă mărimile exterioare ale acestuia, care se clasifică astfel (fig. 1.1) (E. Niculescu Mizil, 1973):



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 1.1. Mărimile exterioare ale unui sistem

a) variabile de intrare, care sunt în general factori din mediul ambiant (temperaturi, precipitații etc.);
b) mărimi perturbatoare, care reprezintă restul intrărilor din mediul ambiant, care exercită influențe mai reduse sau care nu pot fi supuse măsurătorilor; descrierea influenței lor se realizează de obicei prin procese stohastice (C. Penescu, 1970);
c) mărimi de comandă, care compensează influența mărimilor perturbatoare și evită devierea sistemului de la finalitatea sa;
d) variabile de ieșire, care au evoluția determinată de mărimile sau variabilele anterioare.

Sistemul considerat "**cutie neagră**" împreună cu intrările și ieșirile sale poate fi reprezentat simplificat ca în figura 1.2 (a, b și c), unde au fost introduse notațiile vectoriale:

$u = u(u_1, u_2, ..., u_n) \rightarrow$ vectorul de comandă (conducere);

$v = v(v_1, v_2, ..., v_n) \rightarrow$ vectorul mărimilor perturbatoare;

$y = y(y_1, y_2, ... y_n) \rightarrow$ vectorul de ieșire.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

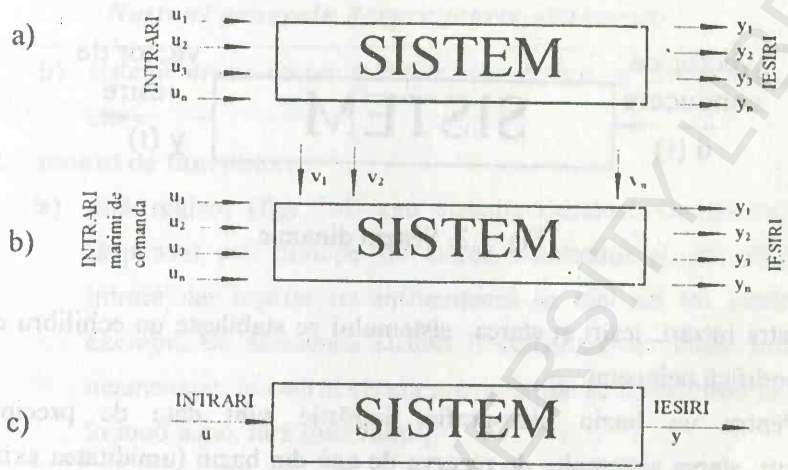



Fig. 1.2. (a, b, c) Intrările și ieșirile din sistem

"**Cutia neagră**" este deci operatorul care transformă intrările în sistem în ieșiri din sistem, iar sistemul constituie o parte din realizarea obiectivă.

### *1.3. Conceptul de "stare a sistemului"*

Vectorul **y** al ieșirilor este univoc determinat de evoluția intrărilor **u**, numai în situația cunoașterii condițiilor inițiale ale sistemului (C. Penescu, 1970).

Prin starea sistemului la un moment dat se înțelege cantitatea de energie, materie sau informație conținută în acel moment de sistem (V. Al. Stănescu, 1985) sau mai succint starea sistemului reprezintă mulțimea caracteristicilor sistemului la un moment dat.

Comportamentul unui sistem este dat de modul în care acesta evoluează. Dacă este sistem cu evoluție în timp se numește sistem dinamic.

Un sistem poate fi reprezentat ca în figura 1.3.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig. 1.3. Sistem dinamic

Intre intrări, ieşiri şi starea sistemului se stabileşte un echilibru dinamic, care se modifică neîncetat.

Pentru un bazin hidrografic, intrările sunt date de precipitaţii şi temperaturi; starea sistemului de rezerva de apă din bazin (umiditatea existentă în stratul de sol, volumul de apă din acvifere, reţeaua hidrografică şi acumulări), iar ieşirile de debitele din secţiunea de control a bazinului şi de evapotranspiraţie; comenzile sistemului sunt date de modul de exploatare a lacurilor de acumulare existente în bazin (R. Drobot, I. Giurma, 1990).

Odată cu acumularea de informaţii şi cunoştinţe despre structura sistemului, are loc un proces de deschidere sau "luminare" a cutiei negre, constând în descifrarea legăturilor dintre componente (W. Karplus, 1976).

Analiza de sistem sau analiza sistemică, abordează sistemul în totalitatea lui, studiind atât legăturile sale interne cât şi pe cele externe.

### *1.4. Clasificarea sistemelor*

Sistemele se clasifică după următoarele criterii (se expun numai acele clasificări care prezintă interes în gospodărirea apelor):

1. **natura sistemului analizat** (A. Carabulea, 1976)
   a) sisteme naturale (pământul, bazinele hidrografice, organismele vii etc.);



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

b) sisteme create de om (tehnice, economice, informaționale, sociale etc.).

2. **modul de funcționare**

a) fără reglare (fig. 1.4) sau sisteme deschise (la aceste sisteme răspunsul este funcție de starea sistemului și de mărimile de intrare, iar ieșirile nu influențează în nici un fel intrările): un exemplu de asemenea sistem îl constituie un bazin hidrografic neamenajat, în cadrul căruia precipitațiile se transformă în scurgeri în mod legic, fără intervenții;

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI
GEOGRAFIE

Fig. 1.4. Sistem fără reglare

b) cu reglare, conexiune inversă sau feed – back, numite și sisteme închise (fig. 1.5); un astfel de sistem are o structură sub formă de buclă, care folosește rezultatele acțiunii trecute pentru a comanda acțiunea viitoare.

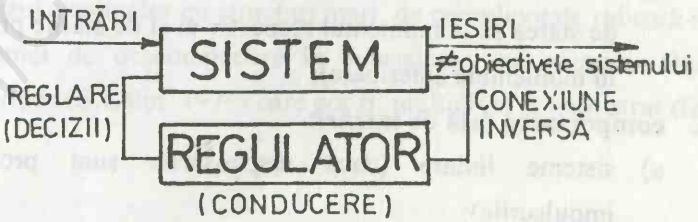



Fig. 1.5. Sistem cu reglare



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In cazul sistemelor hidrologice, unde nu există o concordanță între regimul debitelor și cel al folosințelor, este necesară introducerea unui **regulator** care este reprezentat prin lucrările de gospodărirea apelor (lacuri de acumulare, derivații, îndiguiri și lucrări de amenajare pe versanții bazinului hidrografic) și de organele de exploatare a sistemului.

Sistemele care își reglează activitatea prin conexiune inversă se numesc sisteme cibernetice. Sistemul cibernetic este o reuniune de subsisteme oarecare, care realizează un transfer reciproc de informații între părțile componente și mediu, astfel ca să se asigure un proces de autoreglare pe o anumită perioadă de timp a întregului proces (A. Carabulea, 1976).

3. **caracterul temporal al structurii**
   a) cu structură invariantă în timp;
   b) cu structură variabilă.

Sistemele naturale, prezintă o variație lentă în timp și drept urmare pot fi încadrate în categoria sistemelor invariante. Influența activității umane asupra mediului înconjurător a crescut în ultimul timp foarte mult și drept urmare apare riscul de a transforma sistemele naturale în mod nedorit în sisteme cu structuri variabile în timp.

4. **caracterul temporal – funcțional**
   a) sisteme fără memorie;
   b) sisteme cu memorie (răspunsul la momentul ' t" depinde nu numai de starea sa la momentul respectiv ci și de stările prin care a trecut în momentele anterioare);

5. **comportarea față de intrări:**
   a) sisteme liniare (dacă răspunsurile sunt proporționale cu impulsurile);
   b) sisteme neliniare.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Sistemele naturale au în general un comportament neliniar, dar acesta poate fi aproximat în multe cazuri practice ca liniar.

6. **relația cauză – efect**
   a) sisteme deterministe (atât sistemele naturale cât și cele create de om sunt sisteme deterministe);
   b) sisteme stohastice (aleatoare); în practică nu există sisteme pur stohastice.
7. **variația spațială a proprietăților sistemului**

a) sisteme omogene — a) sisteme izotrope

sau

b) sisteme neomogene — b) sisteme anizotrope

8. **mulțimea stărilor și natura impulsurilor și răspunsurilor:**
   a) continue;
   b) discrete.

Există și sisteme reversibile care transformă impulsurile discrete în ieșiri continue; ***exemplu***: precipitațiile care au caracter discret se transformă în scurgeri de bază ale rețelei hidrografice care au caracter continuu.

9. **conceptele cu care se operează**
   a) sistemele care fac apel la cauzalitate (exemplu: sistemele dinamice);
   b) sisteme care au la bază conceptul de structură numite și sisteme ierarhice.

In cazul sistemelor cu structuri mari, de complexitate ridicată se folosesc o serie de tehnici de descompunere în subsisteme mai simple, obținând astfel structuri ierarhice (S.Călin, 1979) care pot fi: multinivel și multistrat (fig.1.6a și b).



BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

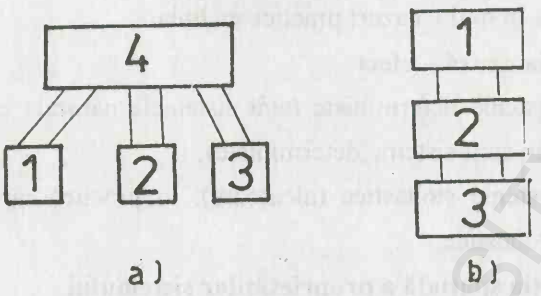



Fig. 1.6 Sisteme ierarhice

La structurile multinivel, se analizează în primul rând funcţionarea sistemelor aflate la nivelul inferior, adică subsistemele 1, 2 şi 3 şi apoi are loc coordonarea întregului ansamblu de către subsistemul 4.

Structurile multistrat au un aspect predonderent temporal (S. Călin, 1979). Acestea se întâlnesc frecvent în gospodărirea apelor. ***Exemplu***: stratul superior determină soluţiile pe termen lung cum ar fi un an; o soluţie care trebuie luată la sfârşitul primei luni a anului este detaliată în stratul mijlociu, care ne dă soluţia de utilizare a apei pentru sfârşitul primei zile din prima lună; în stratul al treilea soluţia se detaliază la nivel de ore.

### *1.5. Proprietăţi ale sistemului*

Sistemele au o serie de proprietăţi specifice, printre care se pot aminti (I. Popescu, 1976):

a) interdependenţa părţilor componente ale sistemului;
b) adiţionalitatea şi finititudinea (un sistem este format dintr-un număr finit de subsisteme);
c) ierarhizarea (un sistem este subsistem în raport cu sistemul în care se încadrează şi suprasistem în raport cu părţile sale componente);



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

d) autoreglarea (sistemul este menținut la un anumit nivel de funcționare prin intermediul conexiunii inverse);
e) funcționalitatea;
f) finalitatea;
g) autoorganizarea;
h) integralitatea.

Metodologic pot fi menționate următoarele caracteristici ale sistemelor (A. Carabulea, 1976; C. Penescu, 1970):

a) observabilitatea;
b) controlabilitatea;
c) adaptabilitatea (optimalitatea reprezintă un caz particular de adaptabilitate și ca urmărește optimizarea performanțelor unui sistem cu evoluție în timp).

### *1.6. Sisteme informatice și de conducere*

Sistemele cibernetice au capacitate de autoreglare. Un sistem pentru a deveni cibernetic trebuie să cuprindă o serie de subsisteme pentru: obținerea de informații, elaborarea deciziilor, declanșarea acțiunilor, efectuarea lor și controlul activităților (R. Drobot, I.Giurma, 1990).

Cibernetica studiază aceste principii, făcând abstracție de tipul sistemelor, deci cibernetica se află în aceeași relație față de sistemele pe care le analizează ca și geometria față de corpurile reale (A. Ashby, 1972).

Schematizarea unui sistem cibernetic este realizată în figura 1.7 (A. Restian, 1981).



BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

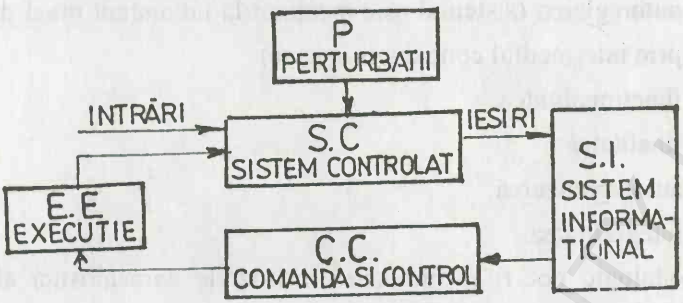



Fig. 1.7. Sistem cibernetic schematizat

Centrul de comandă şi control primeşte informaţii despre funcţionarea sistemului prin sistemul informaţional şi acţionează asupra unor organe de execuţie, care la rândul lor acţionează asupra sistemului controlat. Sistemul de comandă şi control caută tot timpul să corecteze influenţele intrărilor asupra sistemului. Norbert Wiener, a denumit cibernetica ca fiind ştiinţa comenzii şi a controlului la fiinţe şi maşini. Prin comandă se obţine adaptarea ieşirilor în funcţie de intrări, iar prin control se obţine adaptarea comenzilor în funcţie de ieşiri (A. Restian, 1981).

Activitatea de gospodărirea apelor în ţara noastră este organizată după o structură asemănătoare celei din figura 1.7.

In gospodărirea apelor pentru a fundamenta corect deciziile, un rol foarte important îl joacă sistemul informatic (prelucrarea structurilor de informaţii) şi sistemul informaţional (conţinutul structurilor de informaţii). Deci sistemul informaţional are o sferă mai largă decât sistemul informatic (figura 1.8) (E. Niculescu – Mizil, 1973).



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

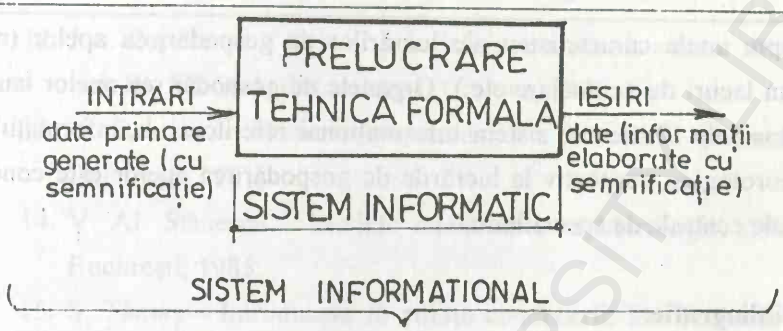



Fig. 1.8. Sistemul informațional și sistemul informatic

Prin prezența sistemului informațional, sistemul de gospodărirea apelor, ca orice sistem tehnic devine sistem de informatică și de conducere. Un astfel de sistem este reprezentat schematic în figura 1.9.

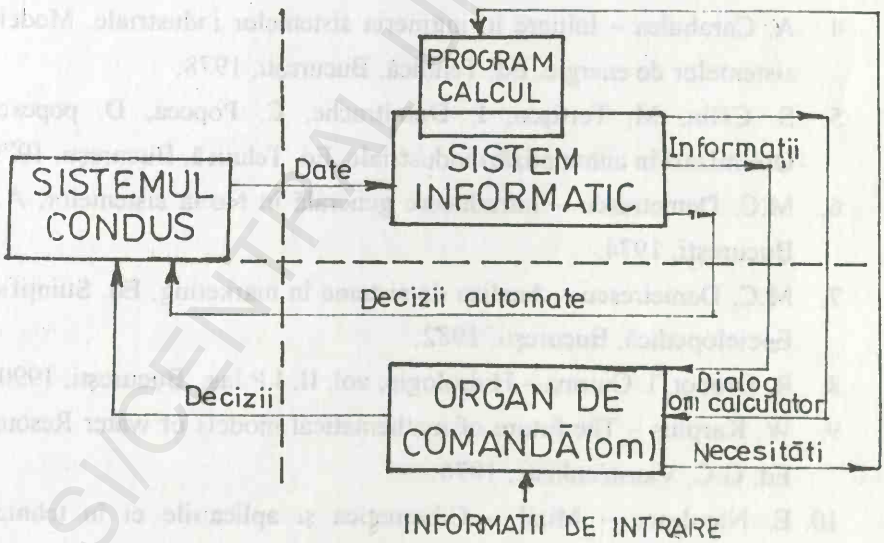



Fig. 1.9. Sistemul de gospodărirea apelor

In gospodărirea apelor, sistemul informatic furnizează elemente privind datele hidro – meteorologice (temperaturi, precipitații, debite în regim natural etc.)



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

cât și despre unele caracteristici ale lucrărilor de gospodărirea apelor (nivelur, volume din lacuri de acumulare etc.). Organele de gospodărirea apelor iau decizii în acest domeniu. Partea de sistem informațional referitoare la informațiile strict hidrometeorologice, respectiv la lucrările de gospodărirea apelor este concentrată în Institutele centrale de specialitate.

**Bibliografie:**


1. R. Ashby – Introducere în cibernetică, Ed Tehnică, București, 1972;
2. Gh. Boldur –Lățescu, Gh. Ciobanu, I. Băncilă – Analiza sistemelor complexe. Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1982;
3. A. Carabulea, Gh. Ruşitoru – Optimizarea conducerii sistemelor industriale. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1976;
4. A. Carabulea – Inițiere în ingineria sistemelor industriale. Modelarea sistemelor de energie. Ed. Tehnică, București, 1978;
5. S. Călin, M. Tertișco, I. Dumitrache, C. Popcea, D. popescu – Optimizări în automatizări industriale, Ed. Tehnică, București, 1979;
6. M.C. Demetrescu – Introducere generală în teoria sistemelor, A.S.E. București, 1974;
7. M.C. Demetrescu – Analiza de sisteme în marketing, Ed. Stiințifică și Enciclopedică, București, 1982;
8. R. Drobot, I. Giurma – Hidrologie, vol. II, I.P.Iaș., București, 1990;
9. W. Karplus – The future of mathematical models of water Resources, Ed. G.C. Vansteenkiste, 1976;
10. E. Niculescu – Mizil – Cibernetica și aplicațiile ei în tehnica și economia industriei. Ed. Academiei RSR, București, 1973;
11. C. Penescu, Vl. Ionescu, El. Rosinger – Procese optimale, Ed. Academiei RSR, București, 1970;




BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

12. I.A. Popescu – Teorie și practică în analiza sistemelor de conducere, vol. III, Ed. Scrisul Românesc, Craiova, 1976;
13. A. Restian – Homo ciberneticus, Ed. Stiințifică și Enciclopedică, București, 1981;
14. V. Al. Stănescu – Modele matematice în hidrologie. CNA – IMH, București, 1985;
15. S. Tămaș – Introducere în știința conducerii. Ed. Politică, București, 1982.



BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# CAPITOLUL 2
# CONCEPȚIA SISTEMICĂ ÎN GOSPODĂRIREA APELOR

## *2.1. Schematizarea procesului ploaie – scurgere*

Bazinul hidrografic, bazinul de recepție sau bazinul colector reprezintă unitatea naturală care stă la baza întocmirii planurilor de amenajare.

Deoarece, pe suprafața bazinului hidrografic cad precipitații atmosferice și aici se transformă în scurgeri, acesta poate fi privit ca un **sistem** cu o structură specifică (C. Pârvulescu, 1978).

**Intrările** în sistem (bazin hidrografic) sunt date de factorii climatici: radiația solară, temperatura, presiunea atmosferică, umiditatea, vântul și precipitațiile. In modelele hidrologice sunt luate în calcul numai precipitațiile sub formă lichidă și solidă și temperatura.

**Structura sistemului**. Precipitațiile atmosferice în momentul căderii lor pe suprafața bazinului hidrografic, vin mai întâi în contact cu învelișul vegetal care reține o mică cantitate din ele constituind intercepția, cât și cu depresiunile fără scurgere ale terenurilor care alcătuiesc retenția. Intercepția și retenția în depresiunile terenului, luate împreună, formează retenția superficială (I. Giurma, ș.a., 1987).

"***Intercepția și retenția***" formează primul subsistem al sistemului (bazinului hidrografic). Intrările în subsistem sunt precipitațiile și temperaturile, iar ieșirile sunt precipitațiile efective (precipitațiile căzute din care se scade intercepția și retenția) și temperaturile. Ieșirile din acest subsistem, reprezintă intrările în subsistemul următor adică suprafața bazinului hidrografic. Când temperaturile sunt negative, intervine și un alt subsistem temporar, care are rol de a întârzia transformarea precipitațiilor în scurgeri, subsistem care are ca ieșiri tot precipitațiile efective.

BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

"***Suprafaţa bazinului hidrografic***", adică subsistemul următor, are ca intrări deci precipitaţiile efective, iar ieşirile sunt reprezentate atât de infiltraţia în sol cât şi de scurgerea directă sau rapidă, care are loc pe suprafaţa versanţilor (în prezenţa pantelor şi sub acţiunea forţei gravitaţionale, apa se deplasează din punctele mai înalte ale reliefului spre cele mai joase pe linia de cea mai mică rezistenţă) pe linia de cea mai mare pantă spre ramificaţiile reţelei hidrografice. Acel procent din precipitaţia căzută care se transformă în scurgere rapidă se numeşte precipitaţie netă.

"***Stratul de sol***" constituie următorul subsistem.

Pornind de la suprafaţa solului spre adâncime se întâlnesc două zone de umiditate şi anume: zona nesaturată sau zona de aeraţie (unde porii solului sunt numai parţial umpluţi cu apă) şi zona saturată (unde porii solului sunt umpluţi cu apă în totalitate) (figura 2.1.) (R. Drobot, I. Giurma, 1990). Stratul de sol are permeabilitatea mai redusă pe verticală decât pe orizontală şi pe linia de cea mai mare pantă.

In stratul de sol există o scurgere hipodermică sau de subsuprafaţă, care are loc în stratul superficial pe linia de cea mai mare pantă.

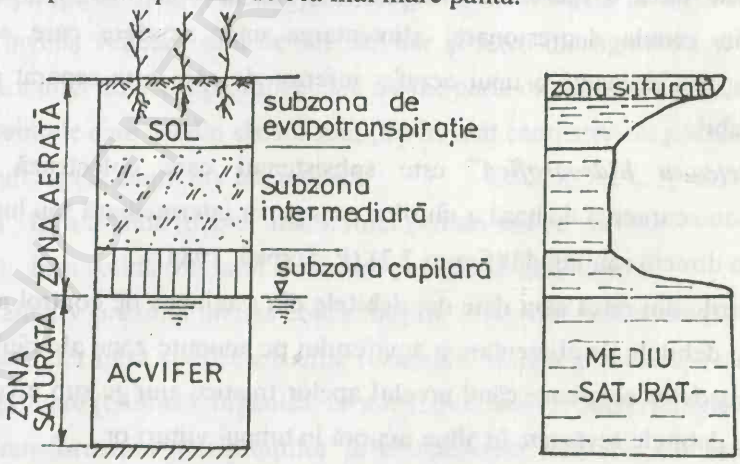



Fig. 2.1. Zone de umiditate



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Când umiditatea stratului de sol crește datorită intrărilor și depășește capacitatea de câmp (cantitatea maximă de apă care poate fi reținută într-un strat de sol), au loc pierderi în profunzime prin percolare (apa nu mai poate fi reținută în sol), spre zona saturată. Deci, intrările în subsistem sunt date de precipitațiile infiltrate în stratul de sol, iar ieșirile de scurgerea hipodermică și de percolarea spre acvifer; procentul din precipitație care alimentează acviferele poartă numele de precipitație eficace.

Ca intrare în stratul de sol se poate considera și aportul prin capilaritate din zona saturată, iar ca ieșire pierderea prin evapotranspirație.

"*Acviferul*" sau "*mediul permeabil saturat*" constituie un alt subsistem al sistemului hidrologic. Intrările sunt date de: percolarea excesului de umiditate din stratul de sol; alimentarea din rețeaua hidrografică; alimentarea din stratele de adâncime sub presiune (alimentare prin drenanță); alimentarea pe la capătul stratului acvifer (unde formațiunile permeabile intersectează suprafața terenului).

Ieșirile naturale din subsistem sunt: alimentarea rețelei hidrografice (scurgerea de bază a râurilor); alimentarea prin capilaritate a stratului de sol; izvorârea în zonele depresionare; alimentarea unor acvifere care se afundă; alimentarea prin drenanță a unui acvifer inferior de care este separat prin strate semipermeabile.

"*Rețeaua hidrografică*" este subsistemul care colectează scurgerea subterană sau scurgerea de bază a râurilor, scurgerea intermediară sau hipodermică și scurgerea directă sau rapidă (figura 2.2) (P. Serban, 1984).

Ieșirile din rețea sunt date de: debitele din secțiunea de control a bazinului hidrografic; debitele de alimentare a acviferului pe anumite zone ale râului ca și în timpul perioadelor secetoase când nivelul apelor freatice ajunge sub nivelul apelor râurilor sau debitele revărsate în albia majoră în timpul viiturilor.



BCU "I. C. BRĂTIANU" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

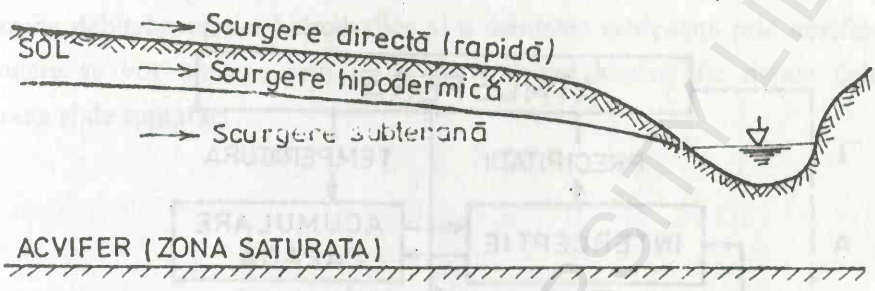



Fig. 2.2. Scurgerile spre rețeaua hidrografică

Debitul rețelei hidrografice într-o secțiune de control a bazinului hidrografic se compune deci din: scurgerea subterană sau de bază care alimentează râul în permanență și din scurgerea de suprafață cu caracter temporar formată din scurgerea directă și hipodermică.

***Ieșirile sistemului hidrologic*** sunt formate din: debitele rețelei hidrografice în secțiunea de control (eventual închidere) a bazinului hidrografic, evapotranspirația la nivelul bazinului hidrografic manifestată în toate subsistemele amintite (înveliș vegetal, strat de sol, acvifer și rețea hidrografică) și debitele de alimentare a unor acvifere profunde care nu fac parte din sistemul considerat.

Debitele care ies din sistem sunt privite atât cantitativ cât și calitativ.

Sub aspect cantitativ interesează:

a) faza lichidă (debite medii, mici și mari sau de viituri);

b) faza solidă (regimul aluvionar și regimul ghețurilor).

Calitativ prezintă interes concentrațiile diverșilor indicatori de calitate din apa râurilor; aici intră substratele utile (exemplu: oxigenul dizolvat) sau diversele forme de poluare (chimică, organică, termică, radioactivă, bacteriologică etc.).

Transformarea precipitațiilor în componente ale scurgerii este redată în figura 2.3. (I. Vladimirescu, 1978).

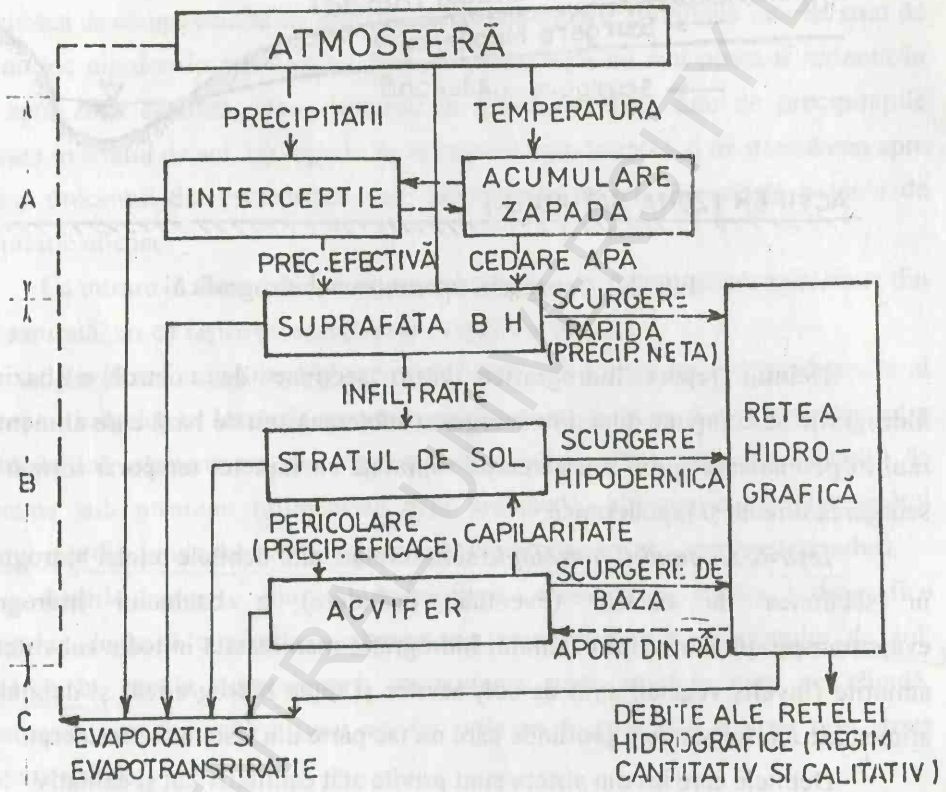



Fig. 2.3. Sistemul hidrologic

In figură se observă trei zone distincte: zona A a intrărilor în sistemul hidrologic; zona B ce formează sistemul propriu-zis compus din subsisteme; zona C a ieșirilor din sistem.

Sistemul hidrologic se poate reprezenta ca în figura 2.4, dacă nu se ține seama de procesele interne.



BUCUREȘTI TECHNICAL UNIVERSITY LIBRARY

Deoarece, în practica hidrologică prezintă interes numai ieşirile hidrologice sub forma debitelor reţelei hidrografice şi a debitelor vehiculate prin acvifere, în continuare se vor înţelege prin ieşiri din sistemul hidrografic numai debitele subterane şi de suprafaţă.

Fig. 2.4. Sistemul hidrologic simplificat

***2.2. Introducerea conexiunii inverse (gospodărirea apelor)***

Sistemul reprezentat anterior este un sistem deschis, adică nu poate regla ieşirile pentru a le menţine în anumite limite.

Regimul natural al resurselor de apă în marea majoritate a cazurilor nu este în concordanţă cu cerinţele folosinţelor. Drept urmare este necesară introducerea unei conexiuni inverse (sau reglări) pentru a permite controlarea şi comandarea ieşirilor sistemului.

Reglarea constituie centrul de comandă şi control şi în practică se realizează de organele de gospodărirea apelor prin lucrări specifice cum sunt: lacurile de acumulare, derivaţiile, îndiguirile etc.

Sistemul de gospodărirea apelor este compus din subsistemul hidrologic și subsistemul care cuprinde lucrările de gospodărirea apelor și este un sistem cu conexiune inversă (figura 2.5) (R. Drobot, I. Giurma, 1990).

Lucrările de gospodărirea apelor au ca efect redistribuirea în timp și în spațiu a scurgerilor hidrologice și ca scop: satisfacerea folosințelor cu apă (gospodărirea apelor medii și mici); apărarea împotriva inundațiilor (gospodărirea apelor mari) și protecția calității apelor.

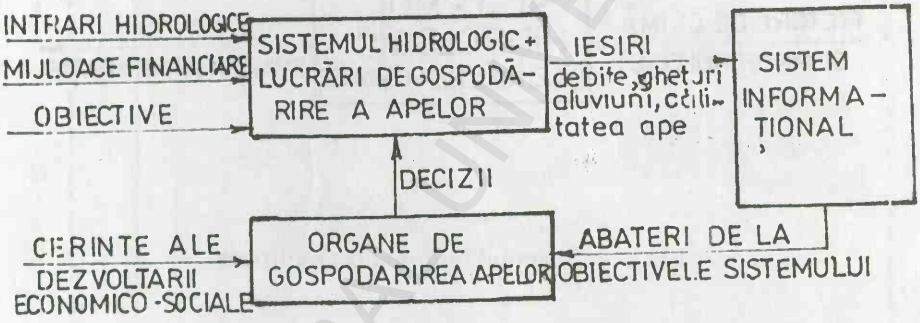



Fig. 2.5. Sistemul de gospodărirea apelor

Primele două aspecte reprezintă gospodărirea cantitativă a apelor, iar ultimul gospodărirea calitativă a apelor.

Trebuie remarcat faptul că problemele calitative nu pot fi separate de cele cantitative. In același timp se poate constata că resursele de apă de pe un anumit teritoriu sunt unice, iar împărțirea lor în resurse de suprafață și subterane este arbitrară.

In practică un sistem de gospodărirea apelor este abordat pe subsisteme, deoarece este imposibil de modelat întregul sistem în ansamblu datorită



BCU ASCE-CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

complexităţii lui şi datorită faptului că specialiştii implicaţi în folosirea resurselor de apă au o pregătire profesională diversă (hidrologi şi hidrogeologi, hidrotehnicieni, hidroenergeticieni, agronomi, chimişti, biologi etc.).

Soluţia utilizată în practică constă în abordarea în paralel sau în serie a diferitelor subsisteme, restul subsistemelor intervenind cu anumite restricţii suplimentare (C. Pârvulescu, 1977). Aplicarea acestei soluţii este posibilă deoarece legăturile dintre unele subsisteme sunt slabe permiţându-le astfel să fie tratate separat (exemplu: problemele legate de gospodărirea calitativă a apelor sau gospodărirea apelor subterane se pot analiza independent de cele de gospodărirea apelor mari pentru apărarea împotriva inundaţiilor a unor obiective). In alte situaţii acest lucru nu este posibil (exemplu: problema debitelor minime şi problema calităţii apei) şi drept urmare o examinare independentă a unor astfel de subsisteme ar conduce la soluţii neoptimale ale întregului sistem.

Sistemele de gospodărirea apelor sunt sisteme cu scopuri multiple (satisfacerea cerinţelor folosinţelor, combaterea efectelor dăunătoare ale undelor de viitură, protecţia calităţii apelor etc.) şi în acelaşi timp sisteme cu folosinţă complexă care asigură apa la mai multe categorii de folosinţe (industrie, populaţie, agricultură, piscicultură, hidroenergetică, transport pe apă, agrement etc.).

Lacurile de acumulare sunt principalele subsisteme ale sistemelor de gospodărirea apelor şi ele servesc atât pentru redistribuirea debitelor în vederea satisfacerii cerinţelor de apă ale folosinţelor cât şi pentru atenuarea undelor de viitură în vederea apărării împotriva inundaţiilor a unor obiective.

**Bibliografie:**

1. R. Drobot, I. Giurma - Hidrologie, vol.II, I.P.Iaşi, 1990;
2. I. Giurma, R. Drobot – Hidrologie, vol. I, I.P.Iaşi, 1987;
3. C. Pârvulescu, R. Drobot, G. Dulcu – Progrese în gospodărirea apelor, CNST – INID, Bucureşti, 1977;



BCU IAŞI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4. C. Pârvulescu – Economia Apelor, I.C. București, 1978;
5. P. Serban – Moele matematice pentru prognoza undelor de viitură în bazine amenajate hidrotehnic. Studii și Cercetări Hidrotehnice, I.M.H., București, 1984;
6. P. Serban, V. Al. Stănescu, P. Roman – Hidrologie dinamică, Ed. tehnică, București, 1989;
7. I. Vladimirescu – Hidrologie, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1978.



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# CAPITOLUL 3
# PROBLEME GENERALE ALE GOSPODĂRIRII APELOR

## *3.1. Funcţiile apei*

Apa este unul din elementele fundamentale ale mediului, fără de care nu este posibilă viaţa pe planetă. Ea este una din resursele naturale de bază, care condiţionează amplasarea şi dezvoltarea aşezărilor umane, a platformelor industriale, dezvoltarea agriculturii etc.; din aceste motive este explicabil faptul că toate marile civilizaţii s-au dezvoltat de-a lungul unor cursuri de apă. In acelaşi timp, însă, apele pot exercita forţe distructive uriaşe.

In sistemul ecologic şi în economie apa exercită funcţii multiple (I. Teodorescu, ş.a., 1973; I. Iliescu, 1992):

- mediu de viaţă pentru fauna şi flora acvatică naturală;
- asigurare a dezvoltării vegetaţiei terestre;
- alimentare a faunei sălbatice (apa de băut pentru fauna respectivă);
- îndepărtare a reziduurilor naturale;
- materie primă în unele procese de producţie (în industria alimentară, farmaceutică etc.);
- auxiliar indispensabil în alte procese de producţie (industria materialelor de construcţii, construcţii de maşini, producţia de celuloză şi hârtie etc.);
- mijloc de transport al materialelor într-o serie de procese de fabricaţie;
- purtător de energie (în hidroenergetică, termoenergetică);
- element de răcire (în instalaţii chimice, energetice, metalurgice etc.);
- în navigaţie;
- în agricultură;
- în piscicultură;

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- în sporturile nautice, agrement, turism.

Importanţa apei pentru întreaga activitate umană, a condus la o serie de acţiuni de amenajare şi stăpânire a ei. Omenirea odată cu dezvoltarea ei, solicită din ce în ce mai mult resursele de apă, atât pentru prelevări în vederea satisfacerii cerinţelor unor folosinţe cât şi pentru evacuarea reziduurilor.

Apa prezintă avantajul faţă de celelalte resurse că nu este epuizabilă; ea are însuşirea de a se regenera permanent prin evaporare şi condensare; calitatea ei este relativ constantă şi deci limitată. Resursele de apă de pe glob sunt enorme, dar utilizabile pentru industrie, agricultură şi ca apă potabilă sunt numai resursele de apă dulce de pe continent, adică apa din râuri, lacuri şi subteran, care reprezintă cca 1% din totalul apei de pe planetă; ca apă dulce cea din calotele polare ar mai ridica procentul până la cca 5%, dar aceasta este practic inaccesibilă.

Deci se poate concluziona că pentru menţinerea echilibrului sistemului ecologic, sunt necesare măsuri de protecţie pe plan mondial al resurselor de apă.

### *3.2. Definirea gospodăririi apelor*

Gospodărirea apelor este o desfăşurare tehnică, economică şi socială, care poate fi exprimată prin relaţia (Gh. Creţu, 1976):

$$\sum D(Q,C) \gtrless \sum N(Q,C)$$

unde:

- D (Q, C) este disponibilul de apă privit cantitativ (Q) şi calitativ (C),. creat prin măsuri de gospodărirea apelor;
- N (Q, C) este necesarul de apă privit tot cantitativ (Q) şi calitativ (C), necesar pentru satisfacerea folosinţelor şi pentru combaterea efectelor



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

dăunătoare ale apelor. Noțiunea de gospodărirea apelor are două sensuri: sensul de disciplină tehnică și sensul de ramură economică.

In continuare vor fi analizate aspecte teoretice și practice legate de partea tehnică a gospodăririi apelor.

Gospodărirea apelor studiază ansamblul de măsuri și lucrări organizatorice, tehnice și economice necesare pentru satisfacerea cerințelor de apă ale folosințelor, pentru stăpânirea apelor prin prevenirea și combaterea acțiunilor dăunătoare ale acestora, pentru protecția calității apelor și conservarea resurselor de apă în vederea folosirii lor de generațiile următoare; tot aici se mai poate adăuga și regenerarea apelor. Disciplina de gospodărirea apelor se mai numește și "hidronomie".

Gospodărirea apelor se referă atât la gospodărirea cantitativă, cât și la cea calitativă a apei (V. Băloi, 1971).

### *3.3. Ramurile gospodăririi apelor*

După criteriul "***componentele circulației apei în natură***" se întâlnesc următoarele ramuri ale gospodăririi apelor (I. Teodorescu ș.a. 1973): gospodărirea apelor meteorice; gospodărirea apelor de suprafață (gospodărirea scurgerii pe versanți, gospodărirea apelor curgătoare de suprafață, gospodărirea apelor stătătoare de suprafață, gospodărirea apelor oceanice și maritime); gospodărirea apelor subterane (gospodărirea apelor freatice, gospodărirea apelor subterane de adâncime); gospodărirea ghețarilor.

Fiecare ramură a gospodăririi apelor are două laturi și anume: gospodărirea cantitativă și gospodărirea calitativă a apelor.

Gospodărirea cantitativă a apelor, la rândul ei se divide în: gospodărirea apelor pentru satisfacerea necesităților cantitative ale diferitelor folosințe (pentru apele curgătoare de suprafață, ea reprezintă gospodărirea debitelor medii); gospodărirea apelor pentru combaterea efectelor dăunătoare (pentru apele

curgătoare de suprafață, ea se numește gospodărirea apelor mari); protecția cantitativă a apelor; regenerarea cantitativă a apelor.

O ramură aparte a gospodăririi apelor o constituie gospodărirea debitelor solide, care cuprinde: gospodărirea debitelor solide pentru folosințe și gospodărirea debitelor solide pentru combaterea unor acțiuni dăunătoare; aici nu se poate vorbi de protecție și regenerare a debitelor solide.

Atât gospodărirea cantitativă cât și gospodărirea calitativă a apelor, urmăresc obiectivele principale: satisfacerea necesităților folosințelor și combaterea efectelor dăunătoare (specifice ramurilor tehnici ) și protecția apelor (ce necesită o analiză specială).

Protecția apelor se poate încadra într-o sferă mai largă și anume protecția mediului ambiant.

**Bibliografie:**

1. V. Băloi – Gospodărirea apelor. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1971;
2. Gh. Crețu – Economia apelor, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976;
3. I. Iliescu – Probleme globale, creativitate. Editura Tehnică, București, 1992;
4. I. Teodorescu ș.a. – Gospodărirea apelor, Editura "Ceres", București, 1973.



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# CAPITOLUL 4
# RESURSELE DE APĂ

### *4.1. Definirea resurselor de apă*

In natură apa este elementul cel mai răspândit şi cel mai mobil şi deţine un rol important în toate procesele fizice, chimice şi biologice, condiţionând existenţa vieţii, precum şi dezvoltarea economică şi socială a unei comunităţii.

Din suprafaţa globului terestru de cca. 510 milioane $km^2$, uscatului îi revine numai 149 mil. $km^2$ (29,2 %), iar oceanului planetar 361 mil $km^2$ (70,8 %). Pe suprafaţa Terrei se află un volum de apă de cca 2 miliarde $km^3$, din care cca 1,369 miliarde $km^3$ în oceanul planetar.

Volumul total al apelor uscatului reprezintă 751.200 $km^3$ din care 750.000 $km^3$ în bazinele lacurilor, iar rezerva apei din albiile râurilor este de numai 1.200 $km^3$. Volumul anual al scurgerii apei râurilor este aproximativ de 35.000 $km^3$.

Circulaţia apei în natură este un proces complex, care implică o serie de alte procese: evaporaţie, condensare, precipitaţii, scurgere superficială, infiltraţie, scurgere subterană etc. ce fac ca, în drumul ei, apa să treacă de la o stare de agregare (gazoasă, lichidă, solidă) la alta. Această circulaţie condiţionează scurgerea pe suprafaţa uscatului contribuind în mare măsură la formarea rezervelor subterane de apă şi tot odată asigură apa în sol atât de necesară vegetaţiei.

Circulaţia apei în natură se încadrează într-un circuit închis continuu numit ciclu hidrologic global la care participă o parte din apa din atmosferă, din hidrosferă şi din litosferă.

In figura 4.1. se prezintă o schemă în care sunt redate modul de circulaţie al apei şi procentele din volumul total anual al ciclului, aferente diferitelor spaţii (Giurma I, ş.a., 1987).

BCU "ASE" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

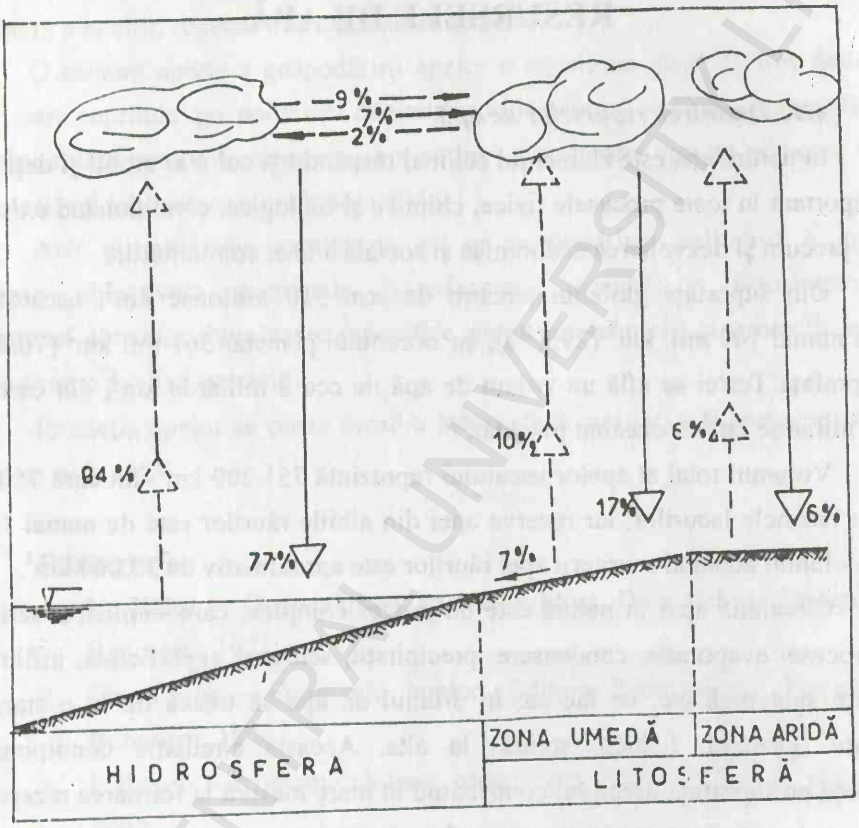



Fig. 4.1. Ciclul hidrologic global

Deci o mare cantitate de apă din natură nu intervine în această circulație, ea fiind izolată sub forma unor pungi de apă fosilă.

In consecință, apa din natură poate fi împărțită în două categorii: resurse de apă care nu participă la ciclul hidrologic şi deci nu sunt reîmprospătate; resurse de apă care participă la ciclul hidrologic şi sunt reîmprospătate continuu.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

După criteriul "***posibilitatea de utilizare***" resursele de apă pot fi: resurse totale (cantitățile totale de apă existente) și resurse utilizabile (un procent din resursele totale care pot fi utilizate economic pentru satisfacerea cerințelor folosințelor).

După "***locul pe care îl ocupă în circuitul apei în natură***" resursele de apă pot fi: atmosferice, ale uscatului și oceanice (I. Teodorescu ș.a., 1973).

**a) Resursele de apă atmosferică**

Acestea cuprind apa din atmosferă din momentul evaporării până în momentul căderii sub formă de precipitații.

**b) Resursele de apă ale uscatului**

Ele cuprind apa din momentul căderii precipitațiilor pe suprafața uscatului până în momentul ajungerii în mări și oceane în urma procesului de scurgere.

Componentele resurselor de apă ale uscatului sunt (I. Teodorescu, ș.a., 1973): apa glaciară, apa de la suprafața versanților, apa fluvială, apa lacustră și apa subterană; acestea nu sunt distincte datorită schimburilor mari ce au loc între ele.

**c) Resursele de apă oceanice** (apele reținute în oceanul planetar)

Resursele de apă oceanice cuprind: resurse ale zonei litorale și resurse ale zonei de larg.

### *4.2. Resursele de apă din România*

Tara noastră este una din țările relativ sărace în resurse de apă chiar și în raport cu alte țări europene; continentul european fiind la rândul său o zonă care nu are cele mai bogate resurse de apă.

Resursele de apă ale țării noastre sunt: Dunărea, depozitele de apă subterane și rețeaua de râuri interioare (I. Iliescu, 1992).

**Dunărea** este sursa cea mai bogată de apă a țării; ea tranzitează prin secțiunea de intrare în țară, într-un an mediu (stoc mediu multianual) 170 mlrd $m^3$, adică de câteva ori mai mult decât toate râurile interioare. Din punct de vedere



BCU "LUCIAN BLAGA" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

hidrologic prezintă avantajul că raportul dintre debitele minime şi maxime este doar de 1/10; aceasta datorită mărimii şi caracterului ramificat al bazinului hidrografic.

Pentru teritoriul ţării noastre însă, ea prezintă trei mari dezavantaje:

- nu poate satisface cerinţele de apă decât într-o zonă limitată din sudul ţării, datorită poziţiei sale;
- fiind un curs de apă important de navigaţie internaţională, în perioadele secetoase tocmai când solicitările unor folosinţe sunt mari se impun restricţii la prelevări de debite pentru a se asigura nivelurile minime necesare navigaţiei;
- străbătând teritoriul mai multor state trebuie ţinut seama şi de prelevările de debite ale acestora.

Drept urmare, în balanţa surselor de apă ale ţării noastre, Dunărea este luată în calcul numai cu cca 20 mlrd $m^3$.

**Depozitele de apă subterană** însumează ca rezervă anuală cca 8 mlrd $m^3$, din care utilizabili tehnic şi economic cca 4,5 mlrd $m^3$. In prezent este sursa cea mai solicitată şi din ea se prelevă cca 2,5 mlrd $m^3$. Dobrogea, dar mai ales litoralul, beneficiază de o resursă bogată de apă subterană din care se alimentează toate localităţile din zonă.

Apa subterană este protejată prin lege şi este destinată mai ales pentru alimentări cu apă, datorită calităţii sale.

**Râurile interioare** constituie principala resursă de apă a ţării noastre. Ele formează o reţea densă în lungime totală de peste 80.000 km, care tranzitează într-un an hidrologic mediu, cca 37 mlrd $m^3$, revenind 1.600 $m^3$/loc situându-ne pe locul 21 – 22 în cadrul ţărilor europene.

Pe lângă cantitatea relativ modestă a acestei resurse, marea dificultate în utilizarea ei o reprezintă distribuţia neuniformă a reţelei hidrografice în teritoriu (dacă densitatea reţelei hidrografice este relativ mare în zona de munte, ea se



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

răreşte spre şes: interfluviul Siret – Prut în Moldova, Dobrogea, o parte a Câmpiei Române şi o parte a Podişului Transilvaniei), dar mai ales regimul natural nefavorabil al debitelor (în perioada de primăvară şi început de vară se formează viituri puternice care afectează în regim natural cca 3 milioane ha prin inundare, iar o perioadă îndelungată din an se înregistrează debite foarte mici datorită secetelor prelungite).

Datorită acestui caracter torenţial al râurilor din ţara noastră, raportul dintre debitele minime şi debitele maxime este în medie de 1/200, iar pe unele cursuri de apă acest raport poate ajunge la 1/1000 sau chiar 1/2000 (figura 4.2.).

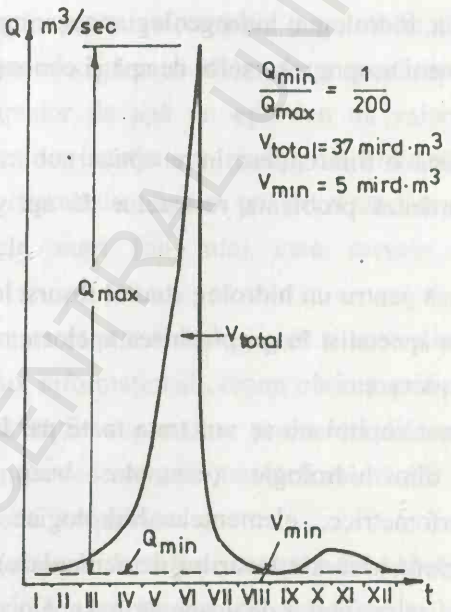



Fig. 4.2. Hidrograful simbolic însumat al râurilor interioare dintr-un an hidrologic mediu



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

De aceea, în regim natural, râurile interioare pot asigura într-un an hidrologic mediu, prelevări continue de cca 5 mlrd $m^3$ din cele 37 mlrd $m^3$ tranzitați.

### *4.3. Studiul cantitativ al resurselor de apă*

Datele de bază ce privesc resursele de apă, necesare studiilor de gospodărirea apelor sunt: bazinul hidrografic, elementele hidrologice ale regimului de scurgere, potențialul de dezvoltare al bazinului hidrografic și studiul acumulărilor (Gh. Crețu, 1976).

Trebuie remarcat însă faptul că resursele de apă sunt studiate de alte discipline ca: meteorologia, hidrologia, hidrogeologia, oceanografia. Gospodărirea apelor are rolul de a interveni asupra resurselor de apă și cunoașterea lor reprezintă o necesitate.

Drept urmare există o diferențiere între optica sub care un specialist în disciplinele amintite abordează problema resurselor de apă și optica specifică gospodăririi apelor.

Spre exemplu, dacă pentru un hidrolog studiul resurselor de apă reprezintă un scop în sine, pentru un specialist în gospodărirea apelor cunoașterea resurselor nu este decât un punct de plecare.

Ca urmare, în acest capitol nu se vor trata toate particularitățile studiilor hidrologice cunoscute din hidrologie (exemplu: bazinul hidrografic cu caracteristicile sale morfometrice, elementele hidrologice ale regimului de scurgere, elementele morfometrice ale lacurilor de acumulare), ci vor fi abordate numai acele aspecte specifice cerințelor de gospodărirea apelor.

Diferitele mărimi de bază ce se referă la resursele de apă pot fi prezentate astfel (I. Teodorescu ș.a., 1973):

a) sub formă de relații funcționale statistice caracterizate prin funcții de



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

distribuție a probabilităților, parametrii statistici, parametrii de corelație sau autocorelație;

b) sub formă de șiruri de valori de bază ce reprezintă eșantioane ale colectivității statistice totale.

Ambele forme de prezentare se referă la valori medii sau extreme (maxime sau minime).

Prima formă de prezentare se bazează pe o serie de prelucrări care pornesc tot de la un eșantion al colectivității statistice, eșantion folosit pentru estimarea parametrilor statistici.

O deosebire între optica hidrologilor și a specialiștilor în gospodărirea apelor o constituie chiar eșantioanele caracteristice și anume: anumite eșantioane considerate suficiente pentru efectuarea unor studii hidrologice pot să nu fie reprezentative pentru efectuarea studiilor de gospodărirea apelor (exemplu: pentru caracterizarea resurselor de apă un eșantion de valori poate fi suficient dacă prezintă aceeași parametri statistici – medie, dispersie etc., cu colectivitatea totală; pentru studiile de gospodărirea apelor pot prezenta interes eșantioane de valori ce caracterizează apele mari sau mici care servesc la stabilirea volumelor acumulărilor).

Se pot constata că atât hidrologii cât și specialiștii în gospodărirea apelor, pornesc de la un flux informațional comun obținut prin observații și măsurători în teren, care urmează să fie supus unor prelucrări diferențiate și anume: pentru a servi unor hidrologi în vederea caracterizării resurselor de apă sau pentru a servi unor studii de gospodărirea apelor.

***a) Potențialele de dezvoltare a bazinului hidrografic***

Limita maximă până la care se pot dezvolta anumite amenajări într-un bazin hidrografic poartă numele de potențial.

Potențialele studiate în cadrul schemelor de amenajare pot fi (Gh. Crețu, 1976):



BCU IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

1) potențial de gospodărirea apelor (adică limita maximă până la care se pot dezvolta lucrările de gospodărirea apelor);
2) potențial de dezvoltare a folosințelor (limita maximă până la care se pot dezvolta diferite folosințe în bazinul hidrografic studiat, fără a ține seama de eventualele dezvoltări ale altor folosințe);
3) potențial de combatere a efectelor dăunătoare (limita maximă până la care se pot dezvolta în bazin, amenajările de combaterea efectelor dăunătoare ale apelor);
4) potențial de evacuare (limita maximă până la care râurile pot fi utilizate în evacuarea reziduurilor).

Tinând seama de "***modul de abordare***" al potențialelor, ele pot fi:

1) potențiale teoretice (limita maximă teoretică de dezvoltare a amenajărilor într-un bazin);
2) potențiale tehnice (limita maximă de dezvoltare a amenajărilor în condițiile tehnicii respective);
3) potențiale economice (limita maximă de dezvoltare a amenajărilor care sunt justificate economic).

*b)* ***Potențialele de gospodărirea apelor*** se referă la posibilitățile de amenajare a unor acumulări și a unor derivații.

Potențialul de dezvoltare a acumulărilor numit și potențial acumulabil poate fi:

- potențial morfologic de realizare a acumulării (o analiză teoretică a volumelor de apă ce pot fi acumulate în diferite cuve fără să se țină seama de limitări date de resursele de apă);
- potențial tehnic de realizare a acumulării (ia în considerare resursele de apă ce pot umple acumulările respective);
- potențial economic de realizare a acumulărilor (acumulările ce sunt eficiente).



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Potențialul de realizare a unor derivații poate fi:

- potențial tehnic de realizare de derivații;
- potențial economic de realizare de derivații.

c) ***Potențialele de realizare a folosințelor*** se referă la potențialele limitate de resursele de apă ale bazinului studiat și pot fi:

- potențial de dezvoltare a alimentărilor cu apă ca potențial tehnic (se determină debitele ce ar putea fi date unei alimentări cu apă în ipoteza că în bazinul respectiv sunt realizate toate acumulările cuprinse în potențialul tehnic);
- potențial hidroenergetic privit ca potențial hidroenergetic teoretic și real (potențialul hidroenergetic real se obține din potențialul hidroenergetic teoretic înmulțit cu coeficientul de randament).

d) ***Potențialele de combatere a efectelor dăunătoare*** cuprind posibilitățile maxime de amenajare a unei resurse, care în regim natural nu poate fi stăpânită și nu este nici valorificată.

Ele pot fi:

- potențiale teoretice de combatere a inundațiilor (scoaterea de sub efectul distructiv al viiturilor a tuturor suprafețelor inundabile în regim natural);
- potențiale tehnice amenajabile de combatere a inundațiilor (totalitatea suprafețelor care pot fi scoase de sub influența viiturilor);
- potențiale economice de combatere a inundațiilor (toate lucrările cuprinse în potențialul tehnic care sunt eficiente economic).

e) ***Potențialele de evacuare a reziduurilor*** care țin seama de cantitatea de substanțe reziduale care poate fi evacuată cu ajutorul unui curs de apă, astfel ca debitele acestui curs să permită la limită utilizarea apei de către folosințe.

Raportarea se face la:



BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

- debitul minim al cursului de apă fără amenajări de compensare a debitelor pe restituții;
- debitul mediu când se asigură și o gospodărire a restituțiilor.

**EXEMPLU** de potențial de dezvoltare a folosințelor:

Acest potențial se determină în cadrul unui bazin hidrografic utilizând ecuația generală a bilanțului global pentru secțiunea luată în calcul:

$$\pm \Delta = Q_{af} - Q_c \ (m^3/s)$$

unde: – $\Delta$ este excedentul; - $\Delta$ este deficitul; $Q_{af}$ reprezintă debitele afuente; $Q_c$ reprezintă debitele cerințelor de apă ale folosințelor.

Acest bilanț se referă la o perioadă de timp egală cu un an și în cadrul lor se lucrează cu volume.

Pentru a calcula stocul mediu multianual ($W_0 = W_{af}$) în secțiunea de calcul se folosește relația:

$$W_0 = Q_0 \cdot T \ (m^3)$$

unde: $Q_0$ este debitul mediu multianual din secțiunea de calcul; T reprezintă numărul de secunde dintr-un an ($31,56 \cdot 10^6$).

Dacă notăm cu V, volumul de apă înmagazinat în lacul de acumulare, acesta este dat de relația:

$$V = \beta \cdot W_0$$

unde: $\beta$ este coeficientul de regularizare a debitelor ($0,2 \leq \beta \leq 0,8$).

In funcție de valorile lui $\beta$ rezultă tipul de regularizare și anume: diurnă,



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

decadală, lunară, sezonieră, anuală, multianuală.

Dacă considerăm că lacul de acumulare amplasat în secțiunea de calcul are ca scop și regularizarea debitelor pentru satisfacerea cerințelor de apă ale unor folosințe consumatoare de apă cum ar fi alimentarea cu apă potabilă și industrială și irigațiile, atunci volumul cerințelor de apă ale folosințelor este dat de relația:

$$V_c = V_{cc} + V_{irigații} + V_{evaporație}$$

unde:

- $V_{cc}$ = volumul de consum constant necesar pentru alimentarea cu apă potabilă și industrială;
- $V_{irigații}$ = volumul de apă necesar pentru irigarea unei suprafețe de teren ($S_{ir}$);
- $V_{evaporații}$ = volumul de apă pierdut prin evaporație de pe o suprafață $S_{ev}$.

Pentru perioada $T \leq 1$ an, rezultă:

$$V_c = Q_{cc}T + S_{ir}N_{ir} + S_{ev}N_{ev}$$

unde:

- $Q_{cc}$ = debitul de consum constant necesar pentru alimentarea cu apă potabilă și industrială;
- $S_{ir}$ = suprafața de irigat;
- $N_{ir}$ = norma de irigații;
- $S_{ev}$ = suprafața de pe care se pierde apa prin evaporație (se obține din curba capacității lacului $S = f(N)$ pentru înălțimea economică);
- $N_{ev}$ = norma de evaporație.

Punând condiția ca volumul $V_c$ să fie reținut în lacul de acumulare prin care se realizează o regularizare a debitelor cu coeficientul de regularizare $\beta$,



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

rezultă:

$$\beta W_0 = Q_{cc}T + S_{ir}N_{ir} + S_{ev}N_{ev}$$

In această formulă se cunosc elementele: $W_0$, T, $N_{ir}$, $S_{ev}$ şi $N_{ev}$.

Necunoscutele sunt: $\beta$, $Q_{cc}$ şi $S_{ir}$.

Pentru $0,2 \leq \beta \leq 0,8$ şi pentru $Q_{cc1} \leq Q_{cc} \leq Q_{cc4}$ se obţine o familie de drepte (figura 4.3).

In această figură, se intră cu coeficientul de regularizare cunoscut (exemplu $\beta = 0,5$) şi pentru $Q_{cc} = Q_{cc1}$ rezultă suprafaţa de irigat $S_3$.

Deci, potenţialul bazinului hidrografic la un coeficient de regularizare a debitelor de 0,5, este alimentarea cu apă industrială sau potabilă cu un debit de consum constant $Q_{cc1}$ şi irigarea unei suprafeţe de teren $S_3$.

### *4.4. Studiul calitativ al resurselor de apă*

Caracteristicile calitative ale apelor sunt: fizice, chimice, biologice şi bacteriologice (I. Teodorescu ş.a., 1973).

Ele se referă la apele naturale (înainte sau după amenajare) sau la apele intrate în circuitul folosinţelor (atât apele pentru alimentare cât şi cele evacuate).

**1) Caracteristicile fizice**

Acestea sunt date de: impurităţile fizice ale apei, temperatura, culoarea, mirosul, gustul şi conductivitatea electrică.

***Impurităţile fizice*** ale apei sunt substanţe: coloidale şi insolubile.

Substanţele coloidale au diametrul sub 0,1 μ.

Substanţele insolubile pot fi: dispersii grosiere (cu diametrul peste 0,1 mm) şi fine (cu diametrul cuprins între 0,1 mm şi 0,1 μ). După dimensiune, greutate specifică şi o serie de caracteristici ale curenţilor de apă, substanţele insolubile pot fi: sedimentabile, nesedimentabile (în suspensie) şi plutitoare.



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

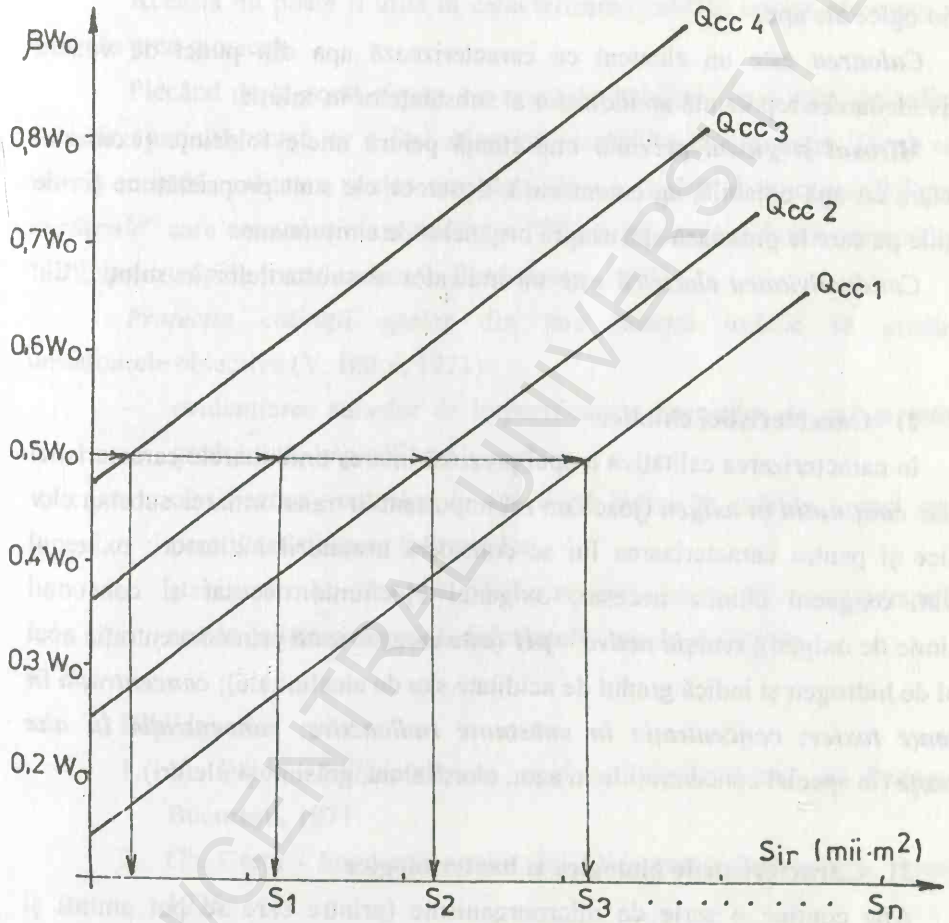



Fig. 4.3. Determinarea potențialului de dezvoltare al folosințelor într-un bazin hidrografic



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

***Temperatura*** este o caracteristică foarte importantă pentru folosinţe, deoarece ea influenţează unele proprietăţi: fizice, chimice, biologice şi bacteriologice ale apei.

***Culoarea*** este un element ce caracterizează apa din punct de vedere calitativ, deoarece reprezintă un indicator al substanţelor în soluţie.

***Mirosul şi gustul*** prezintă importanţă pentru unele folosinţe (exemplu: alimentare cu apă potabilă, agrement etc.), deoarece ele sunt proprietăţi ce ţin de senzaţiile pe care le provoacă apa asupra organelor de simţ umane.

***Conductivitatea electrică*** este un indicator al substanţelor în soluţie, din apă.

**2) Caracteristici chimice**

In caracterizarea calitativă a apei prezintă interes următoarele caracteristici chimice: ***conţinutul în oxigen*** (joacă un rol important în transformarea substanţelor organice şi pentru caracterizarea lui se consideră următorii indicatori: oxigenul dizolvat, oxigenul chimic necesar, oxigenul biochimic necesar şi consumul biochimic de oxigen); ***reacţia activă – pH*** (este caracterizată prin concentraţia apei în ioni de hidrogen şi indică gradul de aciditate sau de alcalinitate); ***concentraţia în substanţe toxice***; ***concentraţia în substanţe radioactive***; ***concentraţia în alte substanţe*** (în special concentraţiile în azot, clor, calciu, grăsimi şi uleiuri).

**3) Caracteristicile biologice şi bacteriologice**

Apa conţine o serie de microorganisme (printre care se pot aminti şi bacteriile patogene) şi drept urmare este un mediu prielnic pentru transmiterea a numeroase boli, ca: holera, dizenteria, tifosul intestinal etc.

In practică, ca element martor al infectării apelor se folosesc curent "***grupul de bacterii coli***".

Caracterizarea sintetică a calităţii apelor cuprinde următoarele categorii:



BCU IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

oligosaprobe (curate); α mezosaprobe (puțin murdare); β mezosaprobe (mediu murdărite); polisaprobe (foarte murdărite).

Aceasta nu poate fi utilă în caracterizarea calității apelor, deoarece este o grupare prea grosieră.

Plecând de la acest sistem s-a ajuns la stabilirea unei scări de calitate cu variație continuă, scară ce a fost adaptată condițiilor țării noastre. După această ultimă metodă, calitatea apelor este dată de un indice sintetic numit "***grad de curățenie***" care are valori cuprinse între "0" pentru apele puternic impurificate și "100" pentru apele foarte curate (I. Teodorescu, 1973).

***Protecția calității apelor*** din țara noastră trebuie să urmărească următoarele obiective (V. Băloi, 1971):

- evidențierea surselor de impurificare a cursurilor de apă și stabilirea gradului de impurificare a apelor;
- clasificarea cursurilor de apă după indici de calitate a apei necesari pentru satisfacerea folosințelor;
- stabilirea măsurilor și lucrărilor necesare pentru aducerea cursurilor de apă la calitatea cerută de folosințele actuale și viitoare.

**Bibliografie:**

1. V. Băloi – Gospodărirea apelor, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1971;
2. Gh. Crețu – Economia apelor, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1976;
3. I. Giurma, R. Drobot – Hidrologie, vol. I, I.P.Iași, 1987;
4. I. Iliescu – Probleme globale, creativitate, Ed. Tehnică, București, 1992;
5. I. Teodorescu, ș.a. – Gospodărirea apelor, Ed. "Ceres", București, 1973.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# CAPITOLUL 5
# FOLOSINȚELE DE APĂ

## *5.1. Tipuri de folosințe*

Prin folosințe de apă se înțeleg toate activitățile cu caracter social sau economic care utilizează apa în diferite scopuri.

După criteriul "***tipul de activitate***" folosințele de apă pot fi grupate în (Teodorescu I., ș.a., 1973):

- utilizarea apei în scopuri industriale (apa încorporată în produs, apa de răcire, apa de spălare etc.);
- utilizarea apei în agricultură (irigații, zootehnie etc.);
- utilizarea apei în scopuri hidroedilitare (alimentare cu apă potabilă);
- utilizări energetice (amenajări hidroenergetice, amenajări hidromecanice);
- transporturi pe apă (navigație, plutărit);
- utilizarea apei ca mediu de creștere a unor animale sau plante (piscicultura, avicultura, silvicultura etc.);
- utilizarea apelor pentru agrement (navigație de agrement, yachting și sporturi nautice, înot, pescuit sportiv, scop peisagistic etc.).

După "***tipul caracteristicilor***" ce fac obiectul utilizării apei, avem folosințe ale:

- unor cantități de apă;
- unor calități ale apei;
- suprafeței apei;
- energiei apei.

După "***tipul intervenției în rețeaua naturală de apă***" distingem:

- folosințe care nu modifică rețeaua naturală (navigația pe cursurile naturale de apă, agrementul pe cursurile și lacurile naturale etc.);

BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- folosințe care modifică anumite elemente ale rețelei naturale fără a preleva apa din aceste rețele (amenajarea unui curs de apă în biefuri pentru uzinarea hidroelectrică, iazuri pentru piscicultură etc.);
- folosințe care modifică rețeaua naturală prelevând apa din rețea; aceste ultime categorii de folosințe pot fi la rândul lor:
  - folosințe neconsumatoare de apă, care după utilizare restituie integral apa prelevată (canalele de navigație, amenajările de tip derivație etc.);
  - folosințe consumatoare de apă care după utilizare restituie numai o parte sau nimic din apa prelevată (alimentările cu apă industrială și potabilă, irigațiile, piscicultura etc.).

După "***scopul și modul***" în care utilizează apa, folosințele se împart în (Crețu, Gh., 1976):

- folosințe consumatoare de apă (alimentările cu apă potabilă și industrială, irigațiile etc.);
- folosințe neconsumatoare de apă (hidroenergetica, navigația, agrementul etc.);
- folosințe ale unor caracteristici calitative ale apelor (ape termale și minerale);
- folosințe ale debitelor solide (balastiere).

### *5.2. Necesar, cerință, consum de apă*

**Necesarul de apă** este dat de cantitatea de apă care trebuie furnizată unei folosințe în punctul de utilizare, astfel încât procesele în care este folosită să fie satisfăcute integral și rațional, fără întreruperi și restricții (Crețu, Gh., 1976); deci necesarul de apă este satisfăcut din cerința de apă recirculată.

**Cerința de apă** este dată de cantitatea de apă care trebuie prelevată din sursă pentru a acoperi necesarul de apă în mod rațional.



BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA

In practică se întâlnesc următoarele categorii de cerințe de apă (Crețu, Gh., 1976):

- cerința de apă nominală (stabilită în condiții de funcționare la capacitatea instalată de reutilizare – recirculare a apei);
- cerința de apă maximă (stabilită în condiții de funcționare fără reutilizare sau recirculare internă);
- cerință de apă minimă (stabilită în condiții de funcționare cu reutilizare sau recirculare internă teoretic maximă, fără diminuarea producției de bază);
- cerință de apă cu restricții (stabilită în condiții de recirculare internă de lungă durată, cu micșorarea sau oprirea unor activități auxiliare de scurtă durată).

**Consumul de apă** este dat de diferența dintre cantitatea de apă prelevată din sursă și cantitatea de apă evacuată în emisar.

Debitele de calcul pentru satisfacerea folosințelor de apă sunt:

- *debitul zilnic al necesarului* (cerinței) ($Q_{zi}$ – $m^3/s$) dat de necesarul (cerința) de apă dintr-o zi, raportat la durata unei zile exprimată în secunde (86.400 s); se întâlnesc debite zilnice principale: debitul zilnic mediu ($Q_{zi\ med}$), debitul zilnic maxim ($Q_{zi\ max}$), debitul zilnic minim ($Q_{zi\ min}$); pentru stabilirea acestor valori perioada de calcul poate fi un an sau mai mulți ani;
- *debitul lunar al necesarului* (cerinței) ($Q_{lunar}$ – $m^3/s$) dat de necesarul (cerința) de apă dintr-o lună, raportat la durata unei luni medii exprimată în secunde ($2{,}63 \cdot 10^6$ s); se întâlnesc în practică $Q_{lunar\ med}$, $Q_{lunar\ max}$, $Q_{lunar\ min}$; și aici perioada de calcul poate fi un an sau mai mulți ani;
- *debitul orar al necesarului* (cerinței) ($Q_{orar}$ – $m^3/s$), dat de necesarul (cerința) de apă dintr-o oră raportat la numărul de secunde dintr-o oră;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

se întâlnesc: $Q_{orar\ med}$, $Q_{orar\ max}$, $Q_{orar\ min}$.

**Debitul necesarului de apă** ($Q_n$) și **debitul consumat** ($Q_c$) rezultă din schema de principiu a utilizării apei în cadrul unei folosințe oarecare (figura 5.1.) (Crețu Gh., 1976).

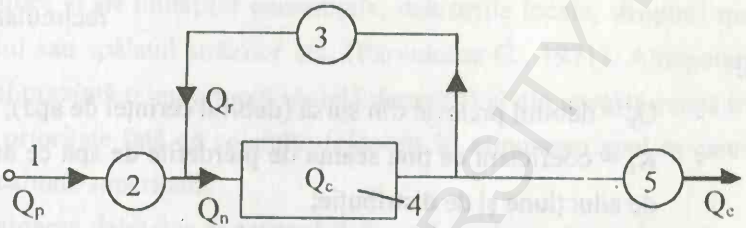



Fig. 5.1. Schema de principiu a utilizării apei în cadrul unei folosințe oarecare

$$Q_n = Q_p + Q_r$$
$$Q_c = Q_p - Q_e$$

**Necesarul de apă** se stabilește astfel:

$$Q_n = N \cdot q \ (m^3/zi) \text{ sau } (m^3/lună)$$

unde:

- N = numărul de unități de capacitate a folosinței (număr de locuitori, animale, unități de producție, unități de suprafață etc.) pentru perioada considerată;
- q = debitul specific al necesarului de apă, care corespunde unității de capacitate a folosinței ($m^3$/unitate de capacitate și zi; $m^3$/unitate de capacitate și lună).

**Cerința de apă** se stabilește astfel:



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$Q_p = K_p \cdot K_s (Q_n + Q_{ref\ inc})$$ – pentru sistemele fără recirculare internă;

$$Q_p = K_p \cdot K_s (Q_n - Q_n R_i - Q_{ref\ inc}) + p \cdot Q_n R_i$$ – pentru sistemele cu recirculare internă

unde:

- $Q_p$ = debitul prelevat din sursă (debitul cerinței de apă);
- $K_p$ = coeficient ce ține seama de pierderile de apă ce au loc în rețeaua de aducțiune și de distribuție;
- $K_s$ = coeficient ce ține seama de nevoile tehnolog ce ale instalațiilor de tratare și epurare pentru spălarea rețelei etc.;
- $Q_{ref\ inc}$ = debitul necesar pentru a reface rezerva de apă folosită la stingerea incendiilor;
- $R_i$ = coeficient de recirculare internă a apei, dat de raportul dintre apa recirculată și necesarul de apă;
- p = coeficient care ține seama de nevoile tehnologice ale instalațiilor de recirculare și de pierderile respective.

In continuare se determină **necesarul, cerința** și **evacuarea** pentru principalele folosințe.

**A. Folosințe consumatoare de apă**

In cadrul folosințelor consumatoare de apă, care prezintă o mare importanță în activitatea de gospodărirea apelor, sunt cuprinse: alimentarea cu apă a centrelor populate, alimentarea cu apă a industriilor, irigațiile, piscicultura și amenajările stuficole. Dezvoltarea continuă social – ecc nomică a societății omenești contribuie la creșterea cantităților de apă solicitate și impune creșterea exigențelor față de calitatea apelor.

*a) Alimentarea cu apă a centrelor populate* (Stancard Român 1343/1 - 95)



BCU IAȘI - BIBLIOTECA CENTRALĂ UNIVERSITARĂ LIBRARY

Cantităţile de apă care se iau în considerare pentru centrele populate trebuie să satisfacă nevoile gospodăreşti (apă pentru băut, spălat etc.), cerinţele instituţiilor publice şi ale unităţilor comerciale, industriile locale, stropitul spaţiilor verzi şi stropitul sau spălatul străzilor etc. (Pârvulescu C., 1971). Alimentarea cu apă a populaţiei prezintă o importanţă socială deosebită şi din această cauză trebuie să i se acorde prioritate faţă de celelalte folosinţe în asigurarea apei în cantităţile necesare şi de calitate superioară.

Determinarea debitelor **necesarului de apă** şi ale **cerinţei de apă** se face după cum urmează (Creţu Gh., 1976).

**Debitul zilnic mediu al necesarului de apă**

$$Q_{n\ zi\ med} = \sum \frac{q_{n\ zi\ med}}{1000} N_1 \ (m^3/zi)$$

unde:

- $N_l$ = numărul total de locuitori care formează populaţia permanentă şi flotantă;
- $q_{n\ zi\ med}$ – necesarul specific mediu zi total (l/om zi) dat de relaţia:

$$q_{n\ zi\ med} = q_l + q_p + q_{st} + q_{il}$$

$q_{n\ zi\ med}$ este obţinut, prin însumarea necesarurilor specifice de apă pentru nevoile gospodăreşti ale populaţiei ($q_l$), pentru folosinţele social – culturale, administrative şi comerciale ($q_p$), pentru stropitul spaţiilor verzi, stropit şi spălat străzile ($q_{st}$) şi pentru industria locală aferentă, exclusiv centrului populat respectiv ($q_{il}$).

**Debitul zilnic maxim al necesarului de apă**

$$Q_{n\ zi\ max} = \sum \frac{q_{n\ zi\ max}}{1000} N_1 \ (m^3/zi)$$



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

unde:

- $q_{n\ zi\ max}$ – necesarul specific zilnic maxim total, dat de relaţia:

$$q_{n\ zi\ max} = K_{zi}\ (q_l + q_p) + q_{il} + q_{st}$$

unde:

- $K_{zi}$ – coeficientul ce ţine seama de neuniformitatea debitului zilnic.

**Debitul orar maxim al necesarului de apă**

$$Q_{orar\ max} = K_0 \cdot Q_{or\ max\ zi} + Q_{ii}$$

unde:

- $K_0$ – coeficient ce ţine seama de neuniformitatea debitului orar;
- $Q_{or\ max\ zi}$ – debitul orar mediu corespunzător zilei de consum maxim;
- $Q_{ii}$ – debitul hidranţilor interiori pentru toate incendiile teoretice simultane, conform normelor de protecţie contra incendiilor.

**Debitul zilnic mediu al cerinţei de apă**

$$Q_{s\ zi\ med} = K_p \cdot K_s\ (Q_{n\ zi\ med} + Q_{rez\ inc})\ (m^3/s)$$

unde:

- $K_p$ – coeficient supraunitar care ţine seama de pierderile de apă în aducţiune şi reţeaua de apă ($K_p = 1,1$)
- $K_s$ – coeficient supraunitar care ţine seama de nevoile tehnologice ale instalaţiilor de tratare şi epurare, pentru spălarea reţelelor etc. ($K_s = 1,08$ pentru sursele subterane sau de suprafaţă cu staţie de tratare chimică sau pentru limpezirea apei; $K_s = 1,0$ pentru sursele subterane);
- $Q_{rez\ inc}$ – debitul zilnic pentru refacerea rezervei de incendiu.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

**Debitul zilnic maxim al cerinței de apă**

$$Q_{s\ zi\ max} = K_p \cdot K_s\ (Q_{n\ zi\ max} + Q_{rez\ inc})\ \ (m^3/zi)$$

**Debitul orar al cerinței de apă**

$$Q_{s\ orar\ max} = K_p \cdot Q_{orar\ max}$$

Cerința de apă potabilă se mai poate determina (ținând seama de necesarul de apă pentru centrele populate, nevoile tehnologice ale sistemelor de alimentare cu apă și canalizare și de pierderile de apă în aducțiune și rețele de distribuție) folosind și relația (STAS 1343/1 – 95):

$$Q_s = K_s \cdot K_p \cdot N\ \ (m^3/zi)$$

unde:

- $K_s$ = coeficient supraunitar care ține seama de nevoile tehnologice ale sistemului de alimentare cu apă și canalizare, care ia valori cuprinse între 1,07 și 1,10 pentru apa tratată și de maxim 1,02 pentru apa subterană; în realitate aceste pierderi ajung la 20%;
- $K_p$ = coeficient al pierderilor în aducțiune și în rețelele de distribuție; aceste pierderi se ridică până la 30 – 40%, datorită soluțiilor tehnologice adoptate, caracteristicilor geotehnice ale terenului de fundare și a gradului avansat de uzură a rețelelor de distribuție;
- N = necesarul de apă, calculat după formula:

$$N = N_g + N_p + N_s + N_{im} + N_{inc}\ \ (m^3/zi)$$

unde:

- $N_g$ = necesarul de apă pentru nevoi gospodărești;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- $N_p$ = necesarul de apă pentru nevoi publice;
- $N_s$ = necesarul de apă pentru spălat și stropit străzi și spații verzi;
- $N_{im}$ = necesarul de apă pentru mica industrie;
- $N_{inc}$ = necesarul de apă pentru refacerea rezervei de incendiu

$$N_g = \frac{1}{1000} \sum_{i=1}^{4} U_i \, ng_i \quad (m^3/zi)$$

$$N_p = \frac{1}{1000} \sum_{i=1}^{4} U_i \, np_i \quad (m^3/zi)$$

unde:

- $U_i$ = numărul de locuitori ai centrului populat;
- $ng_i$ = necesarul de apă specific pentru nevoile gospodărești ale populației;
- $np_i$ = necesarul de apă specific pentru nevoi publice.

**Evacuarea** se ia egală cu cerința de apă pentru nevoile gospodărești, publice, ale industriilor locale și ale sistemelor de canalizare și 50% din cerința pentru stropitul spațiilor verzi, stropitul și spălatul străzilor:

$$Q_c = \frac{K_{zi}(q_1 + q_p) + q_{il} + 0{,}5 \cdot q_{st}}{1000} N_1 \quad (m^3/zi)$$

Se constată că circa 70 – 80% din cantitățile de apă prelevate pentru alimentările cu apă, se restituie în emisar prin sistemele de canalizare. Deci, elementele principale care determină alimentarea cu apă potabilă a centrelor populate sunt **cantitatea și calitatea**.

**Calitatea** apei potabile se verifică zilnic sau chiar de mai multe ori pe zi, prin analizele proprietăților apei, care se fac pe probe luate conform STAS – urilor



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

în vigoare și trebuie să îndeplinească condițiile de potabilitate cerute de aceste STAS-uri (STAS 1342. etc.).

Pentru determinarea calității apei trebuie stabilite proprietățile sale fizice, chimice, biologice și bacteriologice (Băloi V., 1971).

In ceea ce privește **proprietățile fizice**: pentru apa potabilă *mirosul și gustul* se cere să fie inexistente sau foarte slab percepute pentru un degustător experimentat; *temperatura* apei de băut să fie cuprinsă între 7° și 13°C cu foarte mici abateri; *turbiditatea* și *culoarea* admise pentru apa potabilă sunt de 5 – 10 grade de turbiditate și respectiv 15 – 20 grade de culoare, grade stabilite prin comparații cu soluțiile etalon de turbiditate și culoare; conductibilitatea electrică admisă este de 1/600 – 1/6000 ohmi/cm.

In privința **proprietăților chimice** se pot face următoarele afirmații: *gazele naturale* în apa potabilă sunt oxigenul (minimum 6 $cm^3/l$ sau 8,577 mg/l) și bioxidul de carbon liber (maximum 8 mg/l); în privința *substanțelor minerale* se poate spune că acestea dau duritatea apei (duritatea totală este între 5 și 20 grade, iar duritatea permanentă este maximum 12 grade); un grad de duritate echivalează cu 10 mg CaO sau 7,142 mg MgO la litru de apă; duritatea totală se obține prin însumarea durității temporare (datorată carbonaților) și durității permanente (datorită sulfaților, clorurilor și altor săruri de calciu și magneziu dizolvate în apă, care nu dispar prin fierbere); *substanțele organice* într-o apă bună de băut nu trebuie să depășească 53 mg la un litru de apă, iar *reacția apei* trebuie să fie slab alcalină, cu pH cuprins între 7 și 8.

In ceea ce privesc **proprietățile bacteriologice**, apa potabilă nu trebuie să conțină nici o bacterie patogenă, iar germenii banali nu trebuie să depășească numărul de 100 la 1 $cm^3$ de apă.

Apa pentru centrele populate se poate procura din apele meteorice, apele de suprafață și apele subterane. Apele meteorice sunt bune pentru spălat, pentru fiertul cărnii și legumelor, iar pentru băut nu sunt recomandate decât acolo unde nu

există altfel de apă. Apele de suprafață curgătoare și stătătoare, din punct de vedere calitativ sunt mai puțin corespunzătoare și pentru utilizare trebuie tratate. Apele subterane au calități naturale superioare și corespund cerințelor de alimentare cu apă potabilă.

*b) Alimentarea cu apă industrială* (STANDARD ROMÂN 1343/2-95)

La stabilirea **necesarului de apă** pentru producție se întocmesc graficele de consum în funcție de necesarul de apă specific procesului tehnologic al fiecărui obiect, având în vedere STANDARDUL ROMÂN 1343/0 – 95.

**Cerința de apă** se stabilește ținând seama de utilizarea apei în mod rațional și economic (Crețu Gh., 1976). Se va urmări o recirculare și reutilizare a apei pentru a economisi resursele de apă.

Modalitățile de alimentare cu debitul total necesar funcționării, se exemplifică pentru o singură unitate industrială astfel (figura 5.2) (Crețu Gh., 1976):

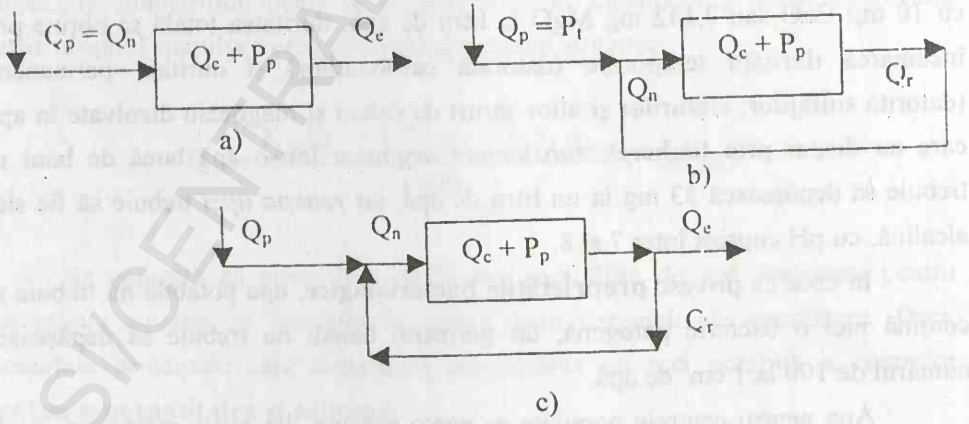



Fig. 5.2. Scheme de alimentare în circuit: a) deschis; b) închis; c) mixt



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- *pentru schema de alimentare în circuit deschis*, bilanțul debitelor și gradul de recirculare internă a debitelor sunt date de relațiile:

$$Q_p = Q_n = Q_c + P_t + Q_e$$

$$R_i = \frac{Q_n - Q_p}{Q_n} 100 \ (\%).$$

unde:

- $Q_n$ = debitul necesar prelevat;
- $Q_p$ = debitul proaspăt luat din sursă;
- $Q_e$ = debitul evacuat;
- $Q_c$ = debitul consumat;
- $P_t$ = debitul pierdut (pierderi tehnice);
- $R_i$ = coeficient de recirculare internă a debitelor.

- *pentru schema de alimentare în circuit închis* sau cu recirculare intensă, bilanțul debitelor și gradul de recirculare sunt:

$$Q_p = Q_n - Q_r = P_t$$

$$R_i = \frac{Q_n - P_t}{Q_n} 100 \ (\%)$$

unde:

- $Q_r$ = debit recirculat.

Aici trebuie remarcat faptul că gradul de recirculare este foarte apropiat de 100%. Dacă în cadrul unității productive analizate, există un consum de apă, schema nu mai poate fi aplicată.



BCU CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- *pentru schema de alimentare în circuit mixt* avem:

$$Q_p = Q_n - Q_r = Q_c + P_t + Q_e$$

In această ecuație de bilanț al debitelor, se poate renunța la recirculări (deci se poate funcționa în circuit deschis) în perioadele bogate în apă ale resurselor.

$$R_i = \frac{Q_n - Q_{p\,min}}{Q_n} 100 = \frac{Q_{r\,max}}{Q_n} 100\ (\%)$$

Când avem perioade în care apa recirculată este variabilă se poate defini un grad de recirculare de exploatare mediu:

$$\bar{R}_e = \frac{Q_n \cdot T - \sum_{j=1}^{m} Q_{pj} \Delta_{tj}}{Q_n \cdot T} 100\ (\%)$$

unde:

- $T = \sum_{1}^{m} \Delta_{tj}$ = perioada totală de înregistrare a debitelor recirculate;
- $\Delta_{tj}$ = durata de estimare a debitelor recirculate prin înregistrări succesive.

In foarte multe unități productive pot exista scheme combinate cum ar fi: cea cu refolosire internă sau cu recirculare și refolosire internă

Trebuie remarcat faptul că schemele de alimentare cu apă industrială sunt diverse, datorită complexității condițiilor de utilizare a apei, specific întreprinderilor industriale.



BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In industrie, apa este utilizată pentru următoarele cerinţe:

- cerinţe de producţie cu caracter tehnologic (răcirea agregatelor, producerea aburului, includerea în produsul fabricat, spălarea produselor etc.);
- cerinţe igienico – sanitare ale salariaţilor (apă de băut, spălat etc.);
- cerinţele unităţilor social – administrative (birouri, cantine etc.);
- cerinţe pentru stropitul şi spălatul spaţiilor din incinte;
- cerinţe de apă pentru combaterea incendiilor;
- cerinţe gospodăreşti pentru locuinţele personalului din incinta întreprinderii.

Calculul necesarului de apă şi a cerinţei de apă în industrie va ţine seama şi de dezvoltarea în perspectivă a centrului populat din care face parte unitatea industrială sau sistemul de alimentare cu apă care deserveşte unitatea industrială.

***Calitatea*** apei industriale este funcţie de destinaţia ei în procesul tehnologic; apa destinată răcirii care este cea mai importantă din punct de vedere cantitativ, trebuie să conţină maximum 25 mg/l substanţe în suspensie, să aibă duritatea maximă 10 grade, să conţină puţine materii organice, iar temperaturile în timpul verii să fie de 10 - 14°C şi numai în cazuri extreme până la 25°C.

In general, apa industrială trebuie să conţină puţine săruri minerale şi mai ales puţine săruri de calciu sau magneziu, să nu conţină fier sau mangan, să nu aibă reacţie acidă şi să îndeplinească condiţiile de temperatură.

In funcţie de condiţiile de ***cantitate şi calitate***, dar şi de posibilităţile naturale, se alege sursa de alimentare cu apă industrială.

Din punct de vedere calitativ este preferabil să se procure apa industrială din surse subterane, iar din punct de vedere cantitativ din surse de suprafaţă.

*c) **Irigaţiile*** (STANDARD ROMÂN 1343/4 – 95)

Sub aspectul gospodăririi apelor, irigaţiile prezintă importanţă prin faptul



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

că necesită cantități de apă mult mai importante față de celelalte folosințe, iar consumul efectiv este mult mai mare în comparație cu cele alte folosințe de apă (exemplu: dacă pentru alimentările cu apă industrială și potabilă consumurile de apă efective variază între 20 și 30% din debitul captat, pentru irigații acestea variază între 80 și 85%).

Stabilirea **necesarului de apă** pentru irigații este o operație laborioasă, deoarece depinde de foarte mulți factori, cum ar fi: clima, solul, relieful, condiții hidrologice și hidrogeologice, surse de apă, regimul de irigații, potențialul tehnic și economic la unitatea unde se aplică irigarea etc. Acest **necesar de apă** trebuie stabilit cât mai aproape de realitate nu numai sub aspectul gospodăririi raționale a apelor, ci mai ales sub aspectul influenței exercitate asupra plantei și solului de cantitatea suplimentară de apă.

Pentru stabilirea **necesarului de apă** trebuie cunoscute caracteristicile solului care urmează a fi irigat și cerințe de apă ale fiecărei culturi pentru perioada respectivă de vegetație. Caracteristicile solului de irigat care prezintă importanță sunt constantele hidrofizice care exprimă relațiile dintre sol și apă, adică proprietățile hidrofizice ale solului: coeficientul de higroscopicitate, coeficientul de ofilire, capacitatea de câmp pentru apă a solului, permeabilitatea, porozitatea, capilaritatea și greutatea volumetrică a solului.

Având în vedere variațiile mari ale cerințelor de apă pentru irigații se impune o coordonare a variației consumului de apă cu regimul sursei de apă.

Pentru aceasta este necesar întocmirea unui grafic de consum, care trebuie confruntat cu hidrograful cursului de apă pentru anul de calcul ales și rezultă astfel gradul în care sursa de alimentare corespunde cerințelor de irigație.

**Graficul de consum** se întocmește pe baza regimului de irigație determinat pentru culturile agricole de pe terenurile irigate.

**Bazinul de irigație** reprezintă modul de distribuție a apei de irigat e în timp, prin norme de udare date plantelor la anumite termene, pe anumite durate,



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

după o schemă a udărilor (Blidaru V., 1976); printr-un regim de irigare aplicat raţional se urmăreşte menţinerea umidităţii necesare dezvoltării plantelor în stratul activ de sol.

Se numeşte **normă de irigare** volumul total de apă dat prin irigaţie în timpul unui an.

**Norma de udare** reprezintă cantitatea de apă care se dă la o singură udare, la unitatea de suprafaţă şi pentru o anumită cultură; prin aplicarea normei de udare se urmăreşte umezirea stratului activ de sol până la capacitatea de câmp, luându-se în considerare umiditatea solului dinainte de aplicarea udării.

Udările pot fi de plantare şi stimulare, udări principale de vegetaţie, udări suplimentare de vegetaţie, udări de aprovizionare şi udări de spălare.

Deci, **norma de irigaţie** ($m^3$/ha) este dată de suma tuturor normelor de udare din perioada de vegetaţie şi a celor din afara acestei perioade (de aprovizionare şi de spălare) administrate solului în decursul unui an.

**Debitul mediu zilnic al cerinţei de apă** ($Q_p$) furnizat de sursă pentru irigaţii se poate determina cu relaţia (Creţu Gh., 1976):

$$Q_p = \frac{S \cdot C}{2{,}63 \cdot 10^6 \cdot r} \ (m^3/s)$$

unde:

- S = suprafaţa de irigat exprimată în ha;
- C = consumul de apă lunar pentru cultura respectivă exprimată în $m^3$/ha;
- r = randamentul sistemului de irigaţii (în sistemele mari de irigaţii nu trebuie admise randamente totale ale sistemului sub 0,7 – 0,75; în caz contrar se iau măsuri privind impermeabilizarea canalelor);
- $2{,}63 \cdot 10^6$ = numărul de secunde dintr-o lună medie.



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pierderile de apă rezultate din exploatarea sistemului de irigaţii, pierderile prin infiltraţii în canale şi în terenurile irigate, luate în totalitate, nu trebuie să depăşească 15 – 25% din debitul prelevat din sursă.

Debitele evacuate din sistemele de irigaţii sunt variabile şi depind de metoda de udare şi tipul amenajării. Aceste debite se pot exprima procentual faţă de debitul captat din sursă astfel (Băloi V., 1971):

- (10 – 15)% pentru udare prin brazde şi amenajare cu canale de pământ şi parţial conducte transportabile;
- (5 – 10)% pentru udare prin brazde şi amenajare cu jgheaburi şi conducte transportabile;
- (2 – 15)% pentru udare prin aspersiune şi amenajare cu canale de pământ;
- (0 – 0,1)% pentru udare prin aspersiune şi amenajare cu conducte sub presiune;
- (25 – 30)% pentru udare prin submersiune continuă şi amenajare cu canale de pământ;
- (15 – 20)% pentru udare prin submersiune discontinuă şi amenajări cu canale de pământ.

**Calitatea** apei de irigat se apreciază după conţinutul de săruri, după încărcarea cu aluviuni şi după temperatură. Limita maximă a conţinutului în săruri în apa de irigat este 0,8 – 1 g/l (la un conţinut mai mare se recomandă o analiză amănunţită pentru a stabili ce săruri sunt în soluţie şi se impune luarea măsurilor corespunzătoare).

Temperatura optimă a apei de irigat este în jur de 25°C (aceasta nu trebuie să fie mai mică de 15°C).

Încărcarea în aluviuni a apei de irigat, trebuie să fie cât mai mică. Când se constată o încărcare cu aluviuni mare, este necesară suplimentarea construcţiilor din sistemul de irigaţii cu decantoare.



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

*d) Piscicultura* (STANDARD ROMÂN 1343/5 – 95)

Piscicultura privită ca folosință de apă prezintă o importanță deosebită din punct de vedere economic, deoarece valorificarea apelor sub raport piscicol se încadrează în tendința de valorificare optimă a resurselor de apă.

Tinând seama de aspectul economic și organizatoric, piscicultura poate fi: piscicultură extensivă sau naturală, semiintensivă sau semisistematică și intensivă sau sistematică (Băloi V., 1971).

**Piscicultura extensivă** se practică prin exploatarea bazinelor acvatice naturale: bălți, lacuri, mări, oceane, râuri, fluvii etc. Piscicultura extensivă are ca scop îmbunătățirea condițiilor de viață la pește în vederea refacerii an de an a fondului piscicol pentru asigurarea unei cantități de pește ce poate fi pescuit.

Dezvoltarea pisciculturii în bazinele acvatice naturale, se asigură în mod natural prin debitele proprii ale cursurilor de apă respective, sau în cazul bălților și lacurilor prin surse naturale de alimentare (izvoare, inundații etc.).

**Piscicultura semiintensivă** se practică în acumulări și iazuri (figura 5.3.) (Băloi V., 1971). Sursa de alimentare o constituie precipitațiile și uneori izvoarele. Apele de viitură pot fi cel mai bine gospodărite prin aplicarea pisciculturii semisistematice.

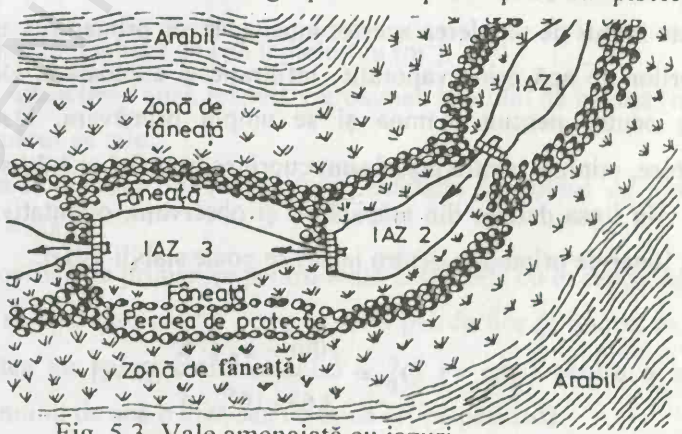



Fig. 5.3. Vale amenajată cu iazuri



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

**Piscicultura intensivă** are loc în sisteme amenajate sub formă de heleştee. Heleşteele sunt lucii de apă create prin îngrădire de compartimentare, amplasate în lunca cursurilor permanente de apă în afara albiilor principale şi au o adâncime medie de 1 – 1,5 m.

**Necesarul de apă** pentru piscicultură este funcție de felul în care se practică piscicultura, de categoria de peşte şi de condițiile de exploatare ale amenajărilor piscicole.

In cazul **pisciculturii extensive**, în cursurile naturale de apă trebuie ca în orice moment să existe în albii un debit minim care să asigure cerințele scurgerii salubre şi de diluție; în privința adâncimilor minime, acestea trebuie să varieze de la 0,1 – 0,3 m până la 1 – 1,5 m pentru fiecare lungime de albie de circa 80 – 150 m; în timpul iernii se recomandă o adâncime de cel puțin 1,5 m pe lungimi importante de albie. Pentru bălți naturale adâncimile trebuie să fie cuprinse între 0,1 m şi 2,5 m, iar pentru primenirea şi acoperirea pierderilor de apă prin evaporație este necesar să se asigure un debit continuu de alimentare a lor de circa 0,6 l/s · ha.

In cazul **pisciculturii semiintensive**, pentru iazurile piscicole, necesarul de apă este impus de umplerea acestor amenajări, de primenirea apei şi de acoperirea pierderilor de apă prin evaporație, infiltrație şi exploatare. De obicei iazurile se golesc pentru pescuit toamna şi se umplu primăvara. Debitele specifice de primenire, minime pentru iazuri sunt cuprinse între 0,5 şi 1,2 l/s · ha.

In lipsa datelor din măsurători şi observații, orientativ, valoarea debitului mediu lunar de primenire pentru iazuri se poate stabili astfel:

$$Q_p = \frac{10(p - e_p) \cdot S}{2{,}63 \cdot 10^6 \cdot \eta} \ (m^3/s)$$



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

unde:

- $e_p$ şi p = evapotranspiraţie potenţială, respectiv precipitaţiile cu probabilitatea 80% din luna respectivă, exprimate în mm;
- $\eta$ = randamentul sistemului piscicol prin care se ţine seama de pierderile prin infiltraţie şi exploatare şi are valori cuprinse între 0,7 – 0,8;
- S = suprafaţa luciului de apă exprimată în ha;
- $2,63 \cdot 10^6$ = numărul de secunde dintr-o lună medie.

In privinţa **pisciculturii sistematice**, cu amenajare de heleştee, debitul necesar se stabileşte tot în funcţie de cerinţele umplerii şi cele ale primenirii.

Debitul de primenire variază cu destinaţia heleşteelor şi cu specia de peşti.

Pentru heleştee de iernat debitul de primenire se calculează astfel:

$$Q_p = \frac{S(h-d)}{86,4 \cdot T} \text{ (l/s)}$$

unde:

- S = suprafaţa luciului de apă în heleşteu ($m^2$);
- h şi d = adâncimea apei, respectiv grosimea stratului de gheaţă (m);
- T = numărul de zile.

Cu excepţia heleşteelor de iernat, toate celelalte se golesc de obicei în perioada octombrie – martie.

Debitele specifice de primenire pentru toate heleşteele cu excepţia celor de iernat şi carantină, se stabilesc pentru compensarea pierderilor şi numai în lunile calde de vară acestea au valori mai mari (1,5 – 2,5 l/s · ha) pentru a asigura preschimbarea volumului de apă o dată sau de două ori pe perioadă.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

*e) Amenajări stuficole*

Exploatarea economică a stufului este în continuă dezvoltare, iar valorificarea stufăriilor se pune ca problemă importantă în De ta Dunării, unde este strâns legată de piscicultură; este necesară o proiectare comună a celor două categorii de amenajări.

Acțiunea de valorificare a stufăriilor se bazează pe:

- principiul biologic care are ca scop ameliorarea biotopilor existenți acționând asupra factorului apă (prin realizarea adâncimii optime cerute de biologia stufului pe întreaga perioadă de vegetație);
- principul de exploatare, care tinde spre obținerea de recolte economice (necesită desecarea unor zone stuficole cât mai întinse în perioada recoltării).

Ambele principii impun amenajarea stufăriilor în incinte îndiguite în scopul stăpânirii apei pentru realizarea debitelor necesare alimentării incintelor, reglarea nivelurilor de apă în perioada de vegetație şi evacuarea apei în perioada recoltării (Băloi V., 1971).

In practică se întâlnesc amenajări pentru stuf crescut pe sol şi amenajări pentru stuf crescut pe pat plutitor.

Şi amenajările stuficole pentru stuf crescut pe sol, trebuie să prevadă toate posibilitățile de dezvoltare în bune condiții a peştelui. Aici întâlnim următoarele grupe de lucrări:

- lucrări de îndiguire pe linia de centură a unității stuficole;
- instalații hidrotehnice amplasate în corpul digului de centură pentru alimentarea, reținerea şi evacuarea apelor etc.;
- rețeaua de canale de diferite tipuri pentru circulația apei şi a ambarcațiunilor stuficole şi piscicole;
- platforme din pământ pentru depozitarea temporară a stufului recoltat.

Deci, aceste grupuri de lucrări pot cuprinde: digur, canale, platforme,



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

stăvilare, ecluze, podețe, sifoane, treceri pentru bărci, stații de pompare, lucrări îndeplinind funcții mixte stuficole – piscicole etc.

**B. Folosințe neconsumatoare de apă**

Aceste folosințe se caracterizează prin faptul că debitul restituit este egal cu cel captat, din care bineînțeles sunt scăzute pierderile pe rețeaua de aducțiune și evacuare. In această categorie de folosințe intră amenajările hidroenergetice, navigația și plutăritul și alte folosințe neconsumatoare de apă.

*a) Amenajările hidroenergetice*

Intreprinderile de producție ale energiei electrice: termocentralele, hidrocentralele, centralele atomo – nucleare etc., nu funcționează izolat în vederea acoperirii cerințelor de energie ale consumatorilor, ci funcționează în cadrul sistemului energetic național. In țara noastră sunt condiții favorabile hidroenergeticii. Astfel o serie de bazine hidrografice prezintă un potențial hidroenergetic însemnat (Siretul, Oltul, Argeșul, Mureșul), condiții favorabile de amenajare fiind puse în evidență pe râurile: Bistrița, Argeș, Lotru, Sebeș, Someș, Râul Mare (Retezat), Olt, Siret, la acestea adaugându-se fluviul Dunărea.

Variația debitelor naturale sau regularizate, pot aduce modificări cu privire la contribuția hidrocentralelor pentru acoperirea graficului de sarcină.

Principalele tipuri de amenajări hidroenergetice sunt:

- amenajări cu baraj, unde întreaga cădere este creată de baraj;
- amenajări cu derivație, unde căderea este creată printr-un canal de derivație, de-a lungul râului, care are o pantă mai mică decât râul;
- amenajări mixte (baraj și derivație), unde apa din lacul de acumulare creat prin baraj este dirijată în canalul de derivație al hidrocentralei.

Amenajările cu baraj și amenajările mixte, prin realizarea acumulărilor modifică regimul natural al scurgerii din râul respectiv și drept urmare influențează



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

modul de funcționare al folosințelor de apă din aval. Deci aceste tipuri de amenajări prezintă interes deosebit din punct de vedere al gospodăririi apelor, prin modificările survenite în distribuția debitelor datorită lacurilor de acumulare. La aceste amenajări, problema exploatării uzinei hidroelectrice trebuie făcută în concordanță cu cerințele exploatării folosințelor din aval; dacă aceste folosințe sunt foarte importante se impun condiții limitative în exploatarea uzinelor hidroelectrice.

Amenajările cu derivație, fără acumulări, sau cazul când uzina hidroelectrică este amplasată chiar pe albia cursului de apă, nu influențează regimul natural al debitelor și deci nu influențează folosințele de apă din aval, adică nu pun probleme în privința gospodăririi apelor.

**Necesarul de apă** în cazul amenajărilor hidroelectrice cu acumulări se stabilește în funcție de graficul de sarcină și de contribuția pe care trebuie să o aibă uzina hidroelectrică în acoperirea graficului din cadrul sistemului energetic respectiv.

Debitul instalat ($Q_i$) necesar pentru obținerea de către o uzină hidroelectrică a unei puteri maxime ($P_i$ – kW) care va fi furnizată în rețea, este:

$$Q_i = \frac{P_i}{9{,}81 \cdot \eta \cdot H} \quad (m^3/s)$$

unde:

- $\eta$ = randamentul global al turbinelor și generatoarelor uzinei hidroelectrice;
- H = căderea netă a apei (m).

*b) Navigația și plutăritul*

Practica navigației este condiționată de:



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- asigurarea unei adâncimi suficiente în albia cursului de apă, în funcţie de pescajul vaselor ce urmează a naviga;
- asigurarea unei lăţimi suficiente ale albiei cursului de apă, în funcţie de canalul navigabil proiectat.

La calculele de bilanţ şi de gospodărire cantitativă a debitelor, necesităţile de apă pentru navigaţie sunt asigurate fie prin mărimea debitelor necesare asigurării adâncimii de pescaj, fie în cazul regimului barat prin debitele necesare pentru ecluzare şi cele necesare acoperirii pierderilor de apă prin infiltraţii şi evaporaţii.

Asigurarea adâncimilor necesare se face fie prin furnizarea unor debite suficiente realizării adâncimilor impuse de navigaţie în curent liber, fie prin realizarea unor biefuri succesive prin intermediul unor baraje de mică înălţime amplasate în scară şi asigurarea unor debite de ecluzare necesare.

Problema extinderii reţelei de navigaţie în ţara noastră este greu de realizat în perspectiva apropiată, datorită costului ridicat al amenajărilor necesare pe râurile interioare pentru asigurarea navigaţiei (lucrările de regularizare a debitelor prin acumulări şi derivaţii, ecluzări etc.).

Plutăritul (transportul lemnelor pe apă prin plutire) se practică la noi în ţară mai ales pe Bistriţa moldovenească, pe Sebeş şi Râul Mare, pe Argeş etc. Pentru plutărit este suficientă o adâncime a apei de 0,5 – 0,7 m, pe sectoarele superioare ale cursurilor de apă, această adâncime este greu de atins în timpul verilor secetoase şi drept urmare sunt necesare lucrări de regularizare a albiei pentru sporirea adâncimilor apei, lucrări pentru dirijarea plutelor şi lucrări de protecţie a malurilor; în cazuri mai rare se pot prevedea chiar acumulări cu regularizarea neperiodică pe termen scurt, acumulări create prin mici baraje.

Plutăritul nu ocupă un loc deosebit în perspectivă, datorită dezvoltării drumurilor forestiere care permit înlocuirea plutăritului cu mijloacele auto de transport a lemnelor.



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Necesarul de apă pentru navigaţie şi plutărit, se stabileşte în funcţie de cerinţele asigurării adâncimilor corespunzătoare sau de cele pentru ecluzare, precum şi de acoperirea pierderilor de apă prin evaporaţie şi infiltraţie.

*c) Alte folosinţe neconsumatoare de apă*

In cadrul acestor folosinţe sunt cuprinse: folosinţele hidromecanice, amenajările pentru ape curative şi amenajările pentru agrement.

Folosinţele hidromecanice cuprind acele instalaţii care transformă energia hidraulică în energie mecanică, pentru utilizarea acesteia în diverse tehnologii: mori, joagăre, gatere, ferestraie circulare, pive, dărace, ateliere mecanice etc.).

Amenajările pentru ape curative se practică în centrale balneare, unde există ape termale şi minerale necesare efectuării unor tratamente.

Amenajările pentru agrement se fac pentru practicarea sporturilor nautice, aici necesităţile de apă au un caracter sezonier şi sunt în funcţie de modul de amplasare şi de amenajare al acestora.

De regulă, aceste folosinţe, neconsumatoare de apă au o importanţă mai mică din punct de vedere al gospodăririi apelor, deoarece sunt asigurate în majoritate cu debite naturale fără a modifica regimul de scurgere sau prin amenajările necesare celorlalte folosinţe; ele nu influenţează funcţionarea celorlalte folosinţe consumatoare de apă amplasate în aval.

## *5.3. Bazele hidrologice în gospodărirea apelor*

### 5.3.1. Debitele caracteristice pe cursurile de apă

Elementele hidrologice ale regimului de scurgere sunt date de bază de prim ordin în rezolvarea problemelor de gospodărirea apelor şi de aceea ele trebuiesc determinate cu multă competenţă.

Regimul de scurgere al cursurilor de apă naturală definit prin debite lichide şi solide, viteze de scurgere, intensităţi şi caracter al viiturilor etc., este foarte



BCU ASE CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

complex, fiind influenţat de foarte mulţi factori printre care amintim: factorii climatici, geografici, geologici, biologici etc.

Acest regim de scurgere influenţează asupra activităţii de gospodărirea apelor mai ales prin debit lichid. Cunoaşterea variaţiei debitelor pe o perioadă anterioară, ne permite să facem aprecieri asupra debitelor ce urmează a fi înregistrate, debite necesare în proiectarea lucrărilor de gospodărirea apelor.

Statistica matematică nu poate preciza momentul de apariţie al fenomenelor hidrologice, dar permite stabilirea cu o precizie satisfăcătoare a frecvenţelor de apariţie a acestor fenomene. Metoda care prezintă garanţie în stabilirea debitelor, constă în măsurarea şi observarea acestora pe o perioadă cât mai mare, interpretarea acestor date şi prelucrarea corectă a lor. In practică nu este suficientă numai cunoaşterea debitelor ci şi variaţia lor în diferite puncte reprezentative ale bazinului hidrografic, drept urmare într-un bazin hidrografic trebuie să existe sau să se organizeze o reţea de staţii şi posturi hidrometrice în cât mai multe puncte reprezentative.

In calculul lucrărilor de gospodărirea apelor, sunt necesare debitele: **maxime, minime şi medii** (Giurma I., 1987).

***Debitele maxime*** prezintă importanţă în special în dimensionarea lucrărilor de stăpânire a apelor, care trebuie să reziste solicitărilor maxime.

***Debitele minime*** servesc în proiectarea lucrărilor de folosire a apelor; ele ţin seama de faptul că folosinţele de apă trebuie să funcţioneze normal şi în cele mai grele condiţii apărute în perioada apelor mici.

***Debitele medii*** apreciază bogăţia sursei de apă luată în studiu.

Debitul mediu anual dat de raportul dintre volumul total scurs în decursul anului analizat şi numărul de secunde al anului respectiv, reprezintă o mărime caracteristică şi semnificativă în calculele de gospodărirea apelor.

Debitul mediu normal dat de media aritmetică a debitelor medii anuale pe un număr cât mai mare de ani, reprezintă o mărime foarte importantă în



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

gospodărirea apelor, deoarece caracterizează disponibilul de apă al unei surse.

Debitul mediu normal notat de obicei prin $Q_0$ ($m^3/s$) prezintă următoarele proprietăți:

- este foarte puțin variabil (corecțiile ce i se aduc prin îmbogățirea șirului de date sunt relativ reduse);
- nu se modifică prin amenajarea de lacuri de acumulare, ci numai în cazul derivațiilor dintr-un bazin în altul;
- pentru o secțiune și o cădere studiată, permite calculul energiei totale care poate fi produsă de sectorul de râu respectiv;
- anul în care valoarea debitului mediu înregistrat este foarte apropiată de acest debit mediu anual normal se consideră an hidrologic mediu sau normal.

Scurgerea medie a unui râu este dată prin intermediul uneia din noțiuni e:

- debitul mediu normal $Q_0$ ($m^3/s$);
- volumul mediu normal $V_0$ ($m^3/s$);
- debitul specific mediu normal dat de raportul dintre debitul mediu normal și suprafața bazinului hidrografic aferent secțiunii de înregistrare;
- înălțimea medie anuală a stratului de scurgere uniform repartizată pe suprafața bazinului hidrografic, respectiv dată de raportul dintre volumul mediu normal și suprafața bazinului hidrografic.

**Debitele maxime** necesare calculului lucrărilor de stăpânire a apelor pot fi:

- debitul maxim anual (debitul înregistrat o singură zi în anul luat în studiu);
- debitul istoric (debitul înregistrat o singură dată în toată perioada luată în studiu);
- debitul catastrofal sau maxim absolut (debitul care nu a fost înregistrat niciodată, dar poate fi înregistrat în viitor).



BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Debitele maxime anuale se folosesc pentru anumite probabilităţi de calcul şi de verificare care corespund diferitelor clase de importanţă ale lucrărilor ce trebuie calculate. Probabilităţile de calcul corespunzătoare funcţionării lucrărilor în condiţii normale de exploatare pot avea valori cuprinse între 10% şi 0,1%, iar probabilitatea de verificare corespunzătoare condiţiilor excepţionale de exploatare pot fi cuprinse între 4 % şi 0,01 %.

**Debitele minime** necesare calculului lucrărilor pentru satisfacerea folosinţelor de apă (debitele înregistrate pe cursurile de apă din ţara noastră de obicei la sfârşitul verii datorită secetei şi la sfârşitul iernii datorită îngheţului) pot fi:

- debitul minim anual (debitul zilnic cel mai mic înregistrat într-un an);
- debitul minim mediu (debitul dat de media aritmetică a debitelor minime anuale pe o perioadă cât mai mare de observaţii şi măsurători);
- debitul mediu lunar minim (debitul mediu lunar cel mai mic dintr-o perioadă de mai mulţi ani de observaţii şi măsurători);
- debitul minim absolut (debitul zilnic cel mai mic dintr-o perioadă îndelungată de timp).

In gospodărirea apelor pentru calculele privind folosinţele de apă sunt necesare debitele medii şi debitele minime cu diverse probabilităţi de calcul (80 %, 90 %, 95 %, 97 % etc.)

La stabilirea valorilor debitelor minime se au în vedere folosinţele interesate; astfel pentru alimentările cu apă potabilă şi industrială prevăzute cu rezervoare de regularizare zilnică a debitelor (deci cu posibilităţi interne de compensare zilnică) sunt necesare debitele minime zilnice; pentru irigaţii sunt indicate debitele minime decadale; pentru folosinţele care dispun de o acumulare cu regularizare pe o perioadă mai mare de o lună de zile se recomandă stabilirea debitelor medii lunare minime cu probabilităţile corespunzătoare folosinţelor interesate.



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

**Pentru un bazin hidrografic**, calculul debitelor necesare în gospodărirea apelor se face în următoarele puncte:

- posturile şi staţiile hidrometrice din bazin;
- amonte şi aval de fiecare confluenţă;
- punctele de priză;
- punctele de restituţie;
- punctele cu acumulări şi derivaţii;
- alte puncte de importanţă specială.

Aceste puncte de calcul se grupează în trei categorii, dacă se ţine seama de metodologia de calcul folosită şi anume:

a) puncte unde există observaţii şi măsurători pe o perioadă de cel puţin 20 de ani;

b) punctele cu înregistrări sub 20 de ani (chiar 3 – 5 ani);

c) puncte fără observaţii şi măsurători hidrologice.

a) In punctele unde există observaţii şi măsurători înregistrate pe o perioadă mai mare de 20 de ani datele hidrologice se prelucrează în aşa fel încât să pună la dispoziţie tabele anuale care conţin debitele medii zilnice, debitele medii lunare, debitul mediu anual şi debitele medii decadale (pe perioada de vegetaţie, adică aprilie – septembrie); în acelaşi timp se pun în evidenţă: debitele zilnice minime în fiecare lună, debitul decadal minim din perioada de vegetaţie a fiecărui an şi debitul minim zilnic în fiecare an.

Pentru calculele hidrologice necesare în activitatea de folosire a apelor sunt considerate ca debite de bază debitele medii zilnice pe baza cărora se calculează debitele minime cu diferite probabilităţi, pentru irigaţii se folosesc debitele minime decadale.

Pentru calculul debitelor minime zilnice se admite o clasificare a lor în



BCU ASIO CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

debite minime de vară şi debitele minime de iarnă.

Debitele minime care interesează se calculează pentru probabilitatea corespunzătoare naturii folosinţelor şi se referă la anumite perioade din timpul anului; astfel, dacă o întreprindere industrială ce foloseşte apa trebuie asigurată 95 % în perioada de vară, se va calcula debitul zilnic minim în această perioadă cu probabilitatea de 95 %.

Din fiecare an de măsurători şi observaţii directe înregistrate, se alege debitul minim de vară (aprilie – octombrie) şi cel de iarnă (noiembrie – martie) alcătuindu-se tabele separate. La fel se pot forma tabele cu debitele minime săptămânale, decadale, lunare etc. în funcţie de natura folosinţei.

Pe baza datelor din aceste tabele întocmite pentru fiecare subperioadă se calculează debitele cu probabilităţile dorite, folosind curbele empirice de asigurare şi curbele teoretice de asigurare ajustate peste cele empirice (după metodologia întâlnită în statistica matematică) (Giurma I., ş.a., 1987).

Dacă se doreşte o precizie ridicată, înainte de prelucarea debitelor obţinute prin măsurători, se îmbogăţeşte şirul de date prin generarea de valori cronologice după exemplul ce urmează (Giurma I., Hogea V., 1985).

Din statistica matematică se cunoaşte faptul că producerea unui eveniment este exprimată printr-un şir de valori numerice asociate mărimii ce caracterizează evenimentul şi prin probabilitatea producerii acestor valori. Exemplu de eveniment hidrologic: scurgerea apei prin secţiunea transversală a unui curs de apă cu un anumit debit mediu anual constituie un eveniment caracterizat prin mărimea debit mediu anual.

Probabilitatea unui eveniment este dată de definiţia clasică şi anume: ca raport între numărul de rezultate favorabile evenimentului respectiv şi numărul total de rezultate posibile.

In hidrologie nu cunoaştem probabilitatea unui astfel de eveniment, deoarece nu cunoaştem cele două mărimi amintite. Putem însă să numărăm



BOU IASI/BETA UNIVERSITY LIBRARY

rezultatele favorabile din totalul rezultatelor propuse până în momentul respectiv şi să efectuăm raportul lor, obţinând astfel frecvenţa relativă de producere a evenimentului. Dacă numărul total al rezultatelor produse este foarte mare, frecvenţa se apropie foarte mult de probabilitate.

In cazul şirurilor de date hidrologice, în foarte multe cazuri numărul termenilor este relativ mic, deoarece dispunem de observaţii de la un număr mic de ani. Deci, pentru calculul probabilităţii unui eveniment hidrologic apare necesitatea îmbogăţirii şirurilor de date. Acest fapt este necesar şi pentru obţinerea unor informaţii mai largi asupra fenomenului hidrologic studiat, necesare în proiectarea, execuţia şi exploatarea lucrărilor hidrotehnice.

*1. Generarea de valori cronologice cu pasul constant egal cu un an*

In vederea generării unor astfel de valori se pleacă de la un şir de bază format din date hidrologice cunoscute (obţinute prin măsurători cronologice).

Şirul de bază şi cel obţinut ce este format din termenii şirului de bază concatenaţi cu termenii generaţi, trebuie să aibă caracteristicile statistice (media aritmetică, coeficientul de variaţie, abaterea medie pătratică etc.) aproximativ egale.

Fenomenul hidrologic studiat se consideră în concept probabilistic, adică aleator.

Relaţia de bază folosită pentru generarea de noi valori cronologice derivă din teoria lanţurilor Markov şi are forma (Vladimirescu I., 1985):

$$Z_{i+j} = \overline{Z}_i + \rho\left(Z_{i+j-1} - \overline{Z}_i\right) + \gamma_{i+j} \cdot \sigma Z_i \sqrt{1-\rho^2}$$

unde: $i = \overline{1,N}$; $j = \overline{1,M}$; $\overline{Z}_i$ = media aritmetică; $\rho$ = coeficient de autocorelaţie serială de ordinul 1; $\sigma \cdot Z_i$ = abaterea medie pătratică a şirului; $\gamma_{i+j}$ = variabilă



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

aleatoare de tip Pearson III, $Z_{i+j-1}$ = termenul generat anterior în şirul de valori; $Z_{i+j}$ = termenul generat curent în şirul de valori.

In continuare se prezintă programul de calcul proiectat de autori:

*Date de intrare:* N = numărul valorilor date $Z_i = \overline{1, N}$; M = numărul valorilor de generat prin program (de fapt programul generează M + 1 valori); Z = vector ce conține componentele inițiale $Z_i$, $i = \overline{1, N}$ şi următoarele valori generate $Z_j$, $j = \overline{N+1,\ M+1}$.

*Date de ieşire:*

$$Z_j,\ j = \overline{N+1,\ M+1}$$

*Subrutine necesare:*

- **PRIM** (N, A, J) cu N număr întreg, A un vector, N – dimensional şi J folosit ca index în numerotarea numerelor prime generate în intervalul [1, N]. In program, considerăm N = 5.000 şi se vor genera 671 numere prime (dacă este nevoie de N mai mare, de exemplu N = 10.000, se vor genera automat 1.231 numere prime în intervalul [1, 10.000]). Numerele prime se folosesc ca date de intrare în subrutina ALEATOR.
- **ALEATOR** (X0, F, S4) unde X0 este valoarea de pornire (un număr prim ieşit din subrutina PRIM), F este un vector 12-dimensional ce va conține numere pseudo – aleatoare generate cu repartiția uniformă pe [0,1] şi

$$S4 = \sum_{i=1}^{12} F(i)$$

2. *Generarea de valori cronologice cu pasul constant şi egal cu o lună*



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru generarea unor astfel de valori se pornește de la un șir cunoscut de date cronologice, obținute prin măsurători lunare.

Matricea de valori cronologice (indicele de linie reprezintă anul de observație, iar indicele de coloană reprezintă luna j, $j = \overline{1, 12}$ și matricea totală obținută prin alăturarea matricii date cu matricea valorilor generate trebuie să aibă caracteristicile statistice (media aritmetică, variația, abaterea medie pătratică etc.) apropiate ca valori. Fenomenul hidrologic studiat se consideră ca un proces aleator.

Relațiile de bază folosite în generarea de valori cronologice cu pas constant o lună, derivă din teoria lanțurilor Markov (Vladimirescu I., 1985).

In program s-au folosit următoarele notații și relații:

- vectorul S, ale cărui componente sunt respectiv, suma valorilor cronologice corespunzătoare unei luni, considerând N ani dați;

$$S(j) = \sum_{i=1}^{N} Z_i \text{ , pentru } j = \overline{1, 11}$$

$$S(12) = c + \sum_{i=1}^{N-1} Z_{i,12}$$

unde C este valoarea pentru luna a 12-a, corespunzătoare anului anterior primului an dat;

- vectorul $\overline{Z}$, ale cărui componente conțin mediile aritmetice ale valorilor S (j), $j = \overline{1, 12}$ :

$$\overline{Z}_j = \frac{\sum_{j=1}^{N} S(j)}{N} \text{ , pentru } j = \overline{1, 12}$$

- vectorii S1, S2, S3 care conțin respectiv abaterile medii pătratice, suma



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

produselor de valori pentru luni apropiate și suma pătratelor valorilor pentru o lună dată:

$$S1(j) = \sum_{i=1}^{N} \left[ Z_{i,j} - \bar{Z}_j \right]^2 \text{ , pentru } j = \overline{1, 11}$$

$$S1(12) = \left[ C - \bar{Z}_{12} \right]^2 + \sum_{i=1}^{N-1} \left[ Z_{i,12} - \bar{Z}_{12} \right]^2$$

$$S2(j) = \sum_{i=1}^{N} Z_{i,j} \cdot Z_{i,j+1} \text{ , pentru } j = \overline{1, 11}$$

$$S2(12) = C \cdot Z_{1,1} + \sum_{i=2}^{N} Z_{i,1} \cdot Z_{i-1,12}$$

$$S3(j) = \sum_{i=1}^{N} Z_{i,j}^2 \text{ , pentru } j = \overline{1, 12}$$

- vectorul $\sigma$, care conține abaterile medii pătratice pentru valorile fiecărei luni:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{S1(j)}{N-1}} \text{ , pentru } j = \overline{1, 12}$$

- $\delta_{j,j-1}$ este coeficientul de autocorelație serială între datele lunilor j și j-1, dat de:

$$\rho_{j,j-1} = \frac{\frac{1}{N-1} \left[ S2(j) - (N-1)\bar{Z}_j \bar{Z}_{j-1} - S(j)\bar{Z}_{j-1} - S(j-1)\bar{Z}_j \right]}{\sqrt{\frac{1}{N-1} S1(j)} \sqrt{\frac{1}{N-1} S1(j-1)}}, \quad j = \overline{1, 12}$$



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$\rho_{1,0}$ este coeficient de autocorelație serială între datele lunii ianuarie și lunile decembrie anterioare:

$$\rho_{1,0} = \frac{\frac{1}{N-2}\left[S2(1) - (N-1)\bar{Z}_1\bar{Z}_{12} - \bar{Z}_{12}S(1) - S(12)\bar{Z}_1\right]}{\sqrt{\frac{SI(1)}{N-1}}\sqrt{\frac{SI(12)}{N-1}}}$$

- vectorul $\gamma$, variabilă aleatoare de tip Pearson III, ale cărui componente se calculează după relația:

$$\gamma_j = \frac{2}{CS_j}\left[1 + \frac{CS_j(S4-6)}{6} - \frac{CS_j^2}{36}\right]^3 - \frac{2}{CS_j}, \text{ pentru } j = \overline{1,12}$$

unde: $S4 = \sum_{i=1}^{12} F(i)$, este sumă de numere pseudo – aleatoare calculate în subrutina de numere aleatoare din program, pornind de la un număr prim dat. Facem observația că frecvențele F(i) sunt uniform distribuite pe intervalul [0,1], iar $CS_j$ sunt coeficienți calculați în program.

- datele cronologice se generează după următoarele relații:

$$Z_{i,j} = \bar{Z}_j + \rho_{i,j-1}\left[Z_{i,j-1} - \bar{Z}_{j-1}\right]\frac{\sigma_j}{\sigma_{j-1}} + \gamma_j\sqrt{1-\rho_{j,j-1}^2}$$

pentru $j = \overline{2,12}$ și $i = \overline{N+1,2N}$



BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$Z_{i,1} = \bar{Z}_1 + \rho_{1,0}\left[\bar{Z}_{i-1,1} - \bar{Z}_{12}\right]\frac{\sigma_1}{\sigma_{12}} + \gamma_1\sqrt{1-\rho_{1,0}^2}$$

pentru $i = \overline{N+1,2N}$ (pentru luna ianuarie).

In program se folosesc în afara programului special două subrutine pentru: generarea de numere prime în intervalul [1,N]; generarea de numere pseudo – aleatoare uniform distribuite în intervalul [0,1]; generarea de numere prime în intervalul [1, N]

Descrierea lor este similară cu cea dată la valori cronologice cu pasul constant un an.

**b)** In punctele cu înregistrări puţine, debitele medii şi minime cu diverse probabilităţi se stabilesc prin extinderea datelor înregistrate pe baza corelării lor cu datele din punctele unde există observaţii şi măsurători înregistrate pe termen lung.

Pentru o precizie mai bună se caută corelarea datelor între punctele cele mai apropiate şi cu parametrii fizico – geografici asemănători.

Dacă în bazinul hidrografic există o singură staţie hidrometrică $S_0$ cu înregistrări pe termen lung şi alte staţii $S_1$, $S_2$, ... $S_n$ cu înregistrări puţine, nu se vor corela fiecare din ele cu $S_0$, ci se corelează numai staţia cea mai apropiată şi asemănătoare cu $S_0$ (de exemplu $S_1$); după aceea $S_2$ se corelează cu $S_1$ dacă este mai apropiată şi se aseamănă mai mult cu aceasta decât cu $S_0$; după acest proceseu se continuă corelarea.

Corelaţiile se pot efectua între debitele decadale, lunare sau anuale, iar cele între debitele zilnice au legături incerte şi se recomandă renunţarea la ele.

Corelaţiile analitice se recomandă să fie aplicate pentru şiruri foarte scurte (minimum 5 ani) cu coeficientul de corelaţie cu valori absolute de cel puţin 0,8 sau



BCU IASI CET TRADITIONAL UNIVERSITY LIBRARY

pentru șiruri scurte (minimum 10 ani) cu coeficientul de corelație de cel puțin 0,7; factorii fizico – geografici trebuie să fie asemănători pentru cele două posturi cu șiruri corelate. Aceste corelații analitice se verifică prin trasarea dreptelor de regresie $y = f(x)$ și $x = f(y)$ și bisectoarea unghiului dintre ele și se alege cea mai potrivită (dacă unghiul dintre cele două drepte de regresie este prea mare, atunci dreapta cea mai potrivită este bisectoarea acestui unghi).

Corelațiile grafice sunt mai expeditive și elimină erorile de calcul și se pot folosi pentru stabilirea legăturilor între cele două puncte de calcul, atunci când nu se pot aplica corelațiile analitice. Expresia grafică a corelației poate fi liniară sau curbă.

Când în bazinul hidrografic analizat nu există puncte cu șiruri lungi de înregistrări, se poate recurge la analogie cu un alt bazin hidrografic unde există măsurători pe o perioadă lungă de timp și acest bazin este asemănător cu primul în privința factorilor fizico – geografici (cei mai importanță sunt precipitațiile și suprafața bazinelor); în acest caz se face corelația între debite și precipitații pentru bazinul cu șiruri lungi de înregistrări și se folosește această corelația pentru bazinul luat în studiu.

Extinderea șirului de date prin corelații trebuie făcută până când șirul atinge cel puțin 20 – 25 de ani după care se calculează prin metode statistice debitele medii: decadale, lunare, anuale cu probabilitățile de calcul.

c) In punctele fără măsurători și observații directe, debitele ce interesează se determină folosind formule empirice de calcul, formule ce dau rezultate aproximative.

Aceste formule empirice se pot aplica numai pentru condiții fizico – geografice (precipitații, temperatură, deficit de umiditate atmosferică, condiții pedobotanice, relieful etc.) analoage celor în care au fost stabilite. Formulele empirice dau rezultate mai apropiate de realitate, cu cât au mai mulți parametri



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(coeficientul de corecţie care exprimă influenţa factorilor fizico – geografici asupra scurgerii).

Pentru valorile medii ale scurgerilor care urmăresc de obicei corelaţia dintre debitul specific normal şi factorii de bază (precipitaţii, aria bazinului etc.), formule empirice sunt mai puţin laborioase decât valorile minime sau maxime, deoarece ţin seama de un număr mai mic de factori ai scurgerii.

Dacă avem două bazine hidrografice în care factorii fizico – geografici sunt asemănători şi se dispune de observaţii şi măsurători într-un bazin, atunci se recomandă folosirea analogiei în locul formulelor empirice; în alte cazuri se recomandă interpolări. Debitele care interesează în activitatea de gospodărirea apelor se pot determina şi cu ajutorul hărţilor cu izolinii întocmite pentru ţara noastră.

### 5.3.2. Debitele necesare în albiile râurilor

In albiile râurilor mai importante, de-a lungul cărora se întâlnesc diferite categorii de folosinţe, este necesar ca în orice moment în fiecare secţiune să existe un debit minim care să asigure condiţiile sanitare ale scurgerii şi funcţionarea în bune condiţii a folosinţelor de apă aflate în aval de secţiunea respectivă.

Acest debit minim care trebuie asigurat în albia unui râu, aval de secţiunea dată poartă numele de debit de servitute.

Deci, în componenţa debitului de servitute intră: debitul necesar folosinţelor din aval şi debitul care asigură scurgerea sanitară în albia râului.

Debitul necesar folosinţelor din aval trebuie să asigure captarea debitelor necesare tuturor folosinţelor din aval şi în acelaşi timp un nivel ridicat în albie care să asigure funcţionarea folosinţelor.

Debitul care asigură scurgerea sanitară în albia râurilor, trebuie să satisfacă scurgerea salubră a apei, fără stagnări şi formări de focare de infecţii; în acelaşi timp trebuie să asigure diluţia corespunzătoare a apelor evacuate şi existenţa



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

fondului piscicol care populează natural cursul de apă.

Debitul de servitute este influențat de: necesarul de apă, natura și măr mea folosințelor din aval, caracteristicile surselor de impurificare de pe râu și caracteristicile albiei.

Valoarea lui se calculează astfel: se stabilesc debitele minime ce corespund asigurării condițiilor expuse anterior și apoi se stabilește o valoare suficientă care să asigure simultan toate aceste condiții (deci debitul de servitute este în general mai mic decât suma debitelor corespunzătoare necesare satisfacerii fiecărei condiții, deoarece în multe cazuri îndeplinirea unei condiții atrage automat și îndeplinirea altei condiții, cum ar fi: debitul de diluție poate satisface de multe ori condiția de scurgere salubră).

Dacă în aval de secțiunea de calcul nu există folosințe de apă, atunci debitul de servitute este egal cu debitul necesar pentru asigurarea condițiilor sanitare de scurgere a apei în albie și se numește **debit minim necesar în albie.**

Debitul de servitute se calculează numai în secțiunile importante ale cursurilor de apă; valoarea lui se schimbă în timp și se calculează în funcție de probabilitatea de calcul.

Probabilitatea de calcul a debitului de servitute este funcție de probabilitatea de calcul a folosințelor și de probabilitatea de calcul a debitului minim necesar în albie.

**Debitul necesar folosințelor din aval** se stabilește având la bază împărțirea folosințelor în două categorii:

- folosințe care captează apa din râuri și o restituie parțial sau integral (alimentărilor de apă potabilă și industrială, irigațiile, amenajările piscicole, uzinele hidroelectrice, folosințele hidromecanice etc.);
- folosințele care nu extrag debite din râuri (navigație, plutărit etc.)

Debitele necesare folosințelor din prima categorie se stabilesc în funcție de probabilitățile de calcul respectând principul: la o anumită probabilitate de calcul



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(ex. 80%) trebuie satisfăcute folosinţele nu numai cu această probabilitate ci şi toate folosinţele cu probabilităţi de calcul mai mari (ex. 90%, 95%, 97%, 99%).

Debitele necesare folosinţelor din a doua grupă, au valori distincte la nivelurile minime cerute de aceste folosinţe (ex. pentru navigaţie şi plutărit, debitul necesar pentru asigurarea nivelului minim se stabileşte în funcţie de cerinţele traficului şi de caracteristicile albiei).

Debitul minim necesar în albie se calculează în funcţie de cerinţele scurgerii salubre, de cerinţele diluţiei şi de cerinţele de viaţă ale peştilor (numai la cursurile de apă unde există fond piscicol natural).

Deci, debitul minim salubru depinde de: importanţa localităţilor riverane, mărimea şi altitudinea bazinului de recepţie şi de o serie de caracteristici ale albiei (forma, vegetaţia, panta, traseul, natura materialului din care este formată etc.). Acest debit se determină prin calcule sau prin măsurători directe pe teren. Probabilitatea de calcul a acestui debit variază între 80% şi 97% după importanţa localităţilor riverane.

Valorile orientative ale debitelor minime pentru asigurarea scurgerii salubre sunt redate în tabelul 5.1. (Băloi V., 1971):

Tabelul 5.1.

Debitele minime pentru asigurarea scurgerii salubre

| Suprafaţa bazinului de recepţie ($km^2$) | Valoarea debitelor minime salubre în albie ($m^3/s$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Bazin de munte | Bazin de deal | Bazin de şes | Bazin complex |
| sub 1.000 | 0,02 – 0,10 | 0,05 – 0,20 | 0,10 – 0,30 | 0,10 – 0,30 |
| 1.000 – 5.000 | 0,10 – 0,30 | 0,20 – 0,50 | 0,30 – 0,80 | 0,40 – 0,80 |
| 5.000 – 10.000 | 0,30 – 0,80 | 0,40 – 1,00 | 0,50 – 1,50 | 0,60 – 1,50 |
| peste 10.000 | 0,50 – 2,00 | 0,80 – 3,00 | 1,00 – 5,00 | 1,00 – 5,00 |



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Debitul minim de diluţie trebuie să asigure calitatea corespunzătoare a apei necesară folosinţelor din aval şi în unele condiţii de dezvoltare a fondului piscicol.

Acest debit de diluţie necesar în lungul unui râu se stabileşte ţinând seama de: efectul cumulat al surselor de impurificare, de capacitatea de autoepurare a râului şi de aportul afluenţilor (spor de debit şi de apă poluată).

Probabilitatea de calcul a debitului minim de diluţie se stabileşte ţinând seama de: importanţa folosinţelor care utilizează apa emisarului, de mărimea daunelor provocate aşezărilor omeneşti riverane şi de considerente sanitare; această probabilitate are valoarea impusă de factorii care au cea mai mare probabilitate.

Debitul minim piscicol trebuie să corespundă cantitativ şi calitativ scurgerii salubre şi cerinţelor de diluţie şi în acelaşi timp trebuie să asigure în albia principală, în timpul iernii, unele zone de refugiu cu adâncimea apei de 1 – 1,5 m, aflate la distanţe de 50 – 100 m între ele.

Deci, debitul de servitute nu se calculează prin însumarea tuturor debitelor componente.

Într-o secţiune de calcul, acest debit trebuie să fie egal cu debitul necesar satisfacerii folosinţelor din aval la care se adaugă un surplus de debit care are valoarea cea mai mare dintre debitele minime componente; acest debit trebuie să satisfacă în orice secţiune următoarele condiţii:

- să asigure în albie, un nivel destul de ridicat, astfel încât să nu stânjenească activitatea folosinţelor;
- să asigure scurgerea salubră în albie;
- să asigure diluţia apelor reziduale care nu au fost suficient epurate;
- să asigure condiţiile de dezvoltare a fondului piscicol natural.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

## *5.4. Metodologia de stabilire a gradelor de asigurare a folosințelor de apă*

### 5.4.1. Noțiunea de probabilitate în gospodărirea apelor

Scopul activității de gospodărirea apelor este acela de a satisface trei categorii de cerințe: cantitative (pentru satisfacerea folosințelor), calitative și de combatere a efectelor dăunătoare ale apelor (în special ale inundațiilor).

Noțiunea de satisfacere a acestor cerințe de gospodărirea apelor este strâns legată de noțiunea de probabilitate de satisfacere a lor.

In mod practic problemele de satisfacere a cerințelor de gospodărire a apelor trebuie să se enunțe corect astfel: care sunt măsurile și lucrările necesare pentru a satisface cerința "C" cu probabilitatea "P".

In gospodărirea apelor până recent, termenul de "**probabilitate**" a fost sistematic înlocuit cu acela de "**asigurare**" care figurează în foarte multe lucrări de specialitate.

Termenul de "**asigurare**" reprezintă prin definiție: *probabilitatea ca o variabilă aleatoare "X" să ia valori mai mari sau egale cu o mărime oarecare "x"* și este dat de relația:

$$p(x) = \text{prob.}(X \geq x)$$

$$0 \leq \text{prob.}(X \geq x) \leq 1$$

In continuare, se examinează în ce măsură acest mod de exprimare a asigurării convine situațiilor întâlnite în gospodărirea apelor.

Privind cerințele cantitative pentru satisfacerea folosințelor, expresia probabilității de satisfacere reprezintă o condiție de depășire:

$$p = \text{prob (debitele sursei} \geq \text{debitele cerințelor de apă)}$$

expresie care reprezintă în același timp o "**asigurare**".



BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Privind cerințele de combatere a efectelor dăunătoare ale apelor, expresia probabilității de satisfacere reprezintă însă o condiție de nedepășire:

F = prob. (debitele sursei ≤ debitele critice admisibile),

expresie care nu reprezintă de fapt o asigurare.

Privind cerințele de calitate a surselor de apă, expresia probabilității de satisfacere poate reprezenta ambele condiții și anume:

p = prob. (concentrația indicatorului de calitate cu caracter de limită inferioară, de exemplu conținutul de oxigen ≥ concentrația naturală)

F = prob. (concentrația indicatorului de calitate de limită superioară, de exemplu: materiile organice, impuritățile minerale organice, impuritățile chimice etc. ≤ concentrația admisă)

Cele două tipuri de exprimare a probabilității (prima ca o condiție de depășire și a doua ca o condiție de nedepășire) pot fi reprezentate grafic prin curbele de asigurare, respectiv de distribuție a probabilităților (figura 5.4) (Pârvulescu C., 1971); aceste curbe sunt complementare între ele, lucru exprimat prin relația:

$$p(x) + F(x) = 1$$

Probabilitatea de depășire reprezintă în același timp și o asigurare propriu – zisă, iar probabilitatea de nedepășire nu reprezintă o asigurare; din acest motiv este corect să se folosească numai termenul de probabilitate cu cele două forme ale ei (de depășire și de nedepășire).



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

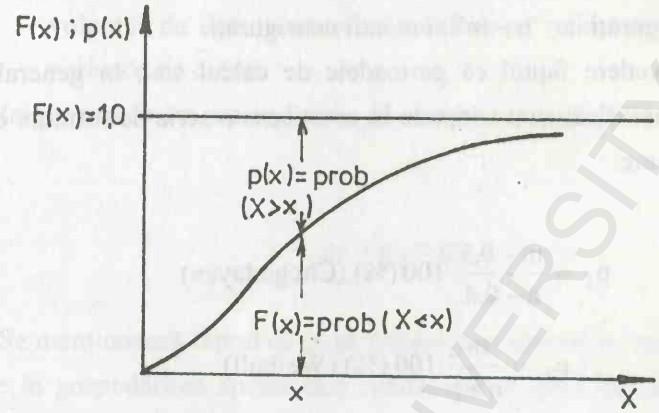



Fig. 5.4. Curba de distribuţie de probabilitate

### 5.4.2. Metodologia de stabilire a gradului de asigurare a folosinţelor

Metoda folosită în acest sens este metoda "asigurărilor normate", al cărei principiu înlocuieşte în fond criteriul economic printr-un criteriu tehnologic, acordând gradului de asigurare caracterul de "dată" (premiză, ipoteză) a problemei, în locul aceleia de rezultat.

Metoda constă în a admite pentru fiecare categorie de folosinţe o anumită mărime prestabilită (exprimată procentual) a gradului necesar de satisfacere a cerinţelor respective de gospodărirea apelor; această mărime constituie ceea ce se cheamă în mod impropriu "asigurare normată".

Formele de exprimare a gradului de asigurare a unei folosinţe sunt următoarele:

- **asigurarea după frecvenţă ($p_F$)** este dată de raportul dintre numărul de ani în care cerinţa de gospodărirea apelor este satisfăcută integral şi fără întreruperi (m) şi numărul total de ani luaţi în calcul (n); această



BCU "ASIGENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

exprimare este valabilă în cazul când "n" este foarte mare; "m" sunt anii asigurați iar "n – m" sunt anii neasigurați.

Având în vedere faptul că perioadele de calcul sunt în general scurte, expresia lui $p_F$ se modifică; sunt adoptate în acest sens o serie de formule empirice aproximative şi anume:

$$p_F = \frac{m-0,3}{n-0,4} \cdot 100\,(\%)\ \text{(Chegodayev)}$$

$$p_F = \frac{m}{n+1} \cdot 100\,(\%)\ \text{(Weibull)}$$

$$p_F = \frac{m-0,5}{n} \cdot 100\,(\%)\ \text{(Hazen)}$$

$$p_F = \frac{m-a}{n+b} \cdot 100\,(\%)\ \text{(Alexeev) unde: } a = \frac{1-b}{2} \text{ şi } b = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{n+1}{n}}}$$

$$p_F = \frac{2m-1}{2n} \cdot 100\,(\%)\ \text{(Hazen)}$$

$$p_F = \frac{m-\frac{3}{8}}{n+\frac{1}{4}} \cdot 100\,(\%)\ \text{(Blum)}$$

$$p_F = \frac{3m-1}{3n+1} \cdot 100\ (\%)\ \text{(Tukey)}$$

$$p_F = \frac{m-0,44}{n+0,12} \cdot 100\,(\%)\ \text{(Gringorten)}$$

- **asigurarea după durată ($p_D$)** este dată de raportul dintre durata perioadei în care cerința de gospodărirea apelor este satisfăcută şi durata totală a perioadei de calcul;



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- **asigurarea după cantitate (volum)** ($p_C$) este dată de raportul dintre volumul de apă livrat efectiv folosinţei şi volumul total necesar pe perioada de calcul.

In general, între aceste forme de exprimare a gradului de asigurare există relaţia:

$$p_F < p_D < p_C$$

Se menţionează faptul că $p_F$ se foloseşte în special în cazurile în care există o lucrare în gospodărirea apelor care realizează un grad ridicat de regularizare a debitelor în general o regularizare multianuală; $p_D$ se foloseşte în cazurile în care nu se dispune de o regularizare însemnată şi în regim natural.

Valorile normate (prestabilite) ale asigurărilor de calcul folosite în practică, exprimă importanţa relativă social – economică a obiectivelor deservite de lucrările de gospodărirea apelor. Aceste valori normate admit o clasificare a obiectivelor social -economice (interesate în gospodărirea apelor, în trei gupe mari şi anume (Zaharov, V.P., ş.a., 1963):

- obiective care nu admit întreruperea satisfacerii obiectivelor respective, fiind legate de viaţa oamenilor (alimentări cu apă potabilă etc.);
- obiective care nu admit restricţii în satisfacerea cerinţelor din cauze tehnologice (obiective chimice, furnale, baraje etc.);
- obiective care pot suporta restricţii în satisfacerea cerinţelor sub valorile minime admisibile (agricultură, hidroenergetică, navigaţie etc.).

In ţara noastră se folosesc o serie de valori uzuale ale asigurărilor pentru principalele tipuri de folosinţe, valori care nu constituie o obligaţie riguroasă, dar reprezintă o regulă în general respectată (tabelul 5.2) (I.P.A.C.H., 1968)



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul 5.2.

Valori ale asigurărilor de calcul uzuale pentru principalele tipuri de folosințe de apă

| Tipul folosinței | Probabilitatea de calcul (%) |
|---|---|
| **Uzine hidroelectrice** | |
| Uzine hidroelectrice cu puteri instalate peste 300 MW | 95 |
| Uzine hidroelectrice cu puteri instalate între 10 și 300 MW, fără lacuri de acumulare sau cu lacuri de acumulare exploatate după un grafic energetic | 90 |
| Uzine hidroelectrice cu puteri instalate între 10 și 300 MW, cu lacuri de acumulare exploatate după un grafic complex | 80 |
| Uzine hidroelectrice cu puteri sub 10 MW | 95 |
| **Alimentări cu apă industrială** | |
| Centrale termoelectrice cu puteri instalate mai mari de 10 MW | 97 |
| Centrale termoelectrice cu puteri instalate mai mici de 10 MW | 95 |
| Intreprinderi industriale de interes republican, cu activitate în două sau trei schimburi | 97 |
| Intreprinderi industriale de interes republican, cu activitate într-un schimb | 95 |
| Intreprinderi industriale de interes local și regional cu activitate în două sau trei schimburi | 95 |
| Intreprinderi industriale de interes local sau regional cu activitate într-un schimb | 90 |
| **Alimentări cu apă potabilă** | |
| Orașe industriale | 95 |
| Orașe mijlocii | 90 |



BCU CLUJ CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

| | |
|---|---|
| Centre populate din mediul rural | 80 |
| **Irigații** | |
| Culturi de legume în zone preorășenești și orez | 85 |
| Culturi de legume | 80 |
| Culturi de câmp | 75 |
| **Unități piscicole** | |
| Pepiniere | 85 |
| Crescătorii furajate | 80 |
| Alte amenajări piscicole | 75 |
| **Navigație** | |
| Căi navigabile magistrale | 95 |
| Căi navigabile principale | 90 |
| Căi navigabile secundare | 85 |
| Căi navigabile locale | 80 |
| **Amenajări de agrement** | |
| Toate categoriile | 80 |

In metoda folosită în stabilirea asigurărilor normate, aspectele economice ale gradului de satisfacere a folosințelor de apă nu sunt luate în considerare în mod direct, însă ele sunt implicate chiar în ordinea de clasificare a obiectivelor social – economice.

Privind satisfacerea cerințelor de combatere a inundațiilor, metodologia calculelor se bazează pe principiul determinării debitelor maxime de calcul și de verificare corespunzătoare probabilităților anuale de depășire normate urmărind preluarea acestor debite de lucrările hidrotehnice preconizate. Probabilitățile de depășire de calcul și de verificare sunt stabilite în funcție de clasa de importanță a



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

lucrărilor de combaterea inundațiilor. Clasa de importanță a acestor lucrări se stabilește în funcție de obiectivele apărate; acestea sunt prevăzute în STAS – urile în vigoare, de exemplu în STAS 4068/2 – 82 sunt definitive probabilitățile de depășire ale debitelor de calcul și de verificare ale construcțiilor hidrotehnice.

Privind protecția calității apelor, condițiile ce trebuiesc îndeplinite sunt astfel definite încât să asigure funcționarea normală a folosințelor; în acest sens apele de suprafață trebuie să se încadreze în una din categoriile de calitate I, II, III definite în STAS – urile în vigoare (condițiile care diferențiază cele trei categorii de calitate a apei sunt impuse de natura folosințelor care trebuie satisfăcute).

Determinarea condițiilor de evacuare a apelor uzate în emisar ca element de caracterizare a capacității emisarului, ține seama de "debitul de diluție" definit ca debitul mediu lunar minim cu probabilitatea 95%.

### 5.4.3. Principii de determinare a gradului de satisfacere a cerințelor de apă pe baza optimizării economice

***Principii folosite în tratarea problemei:***

Este necesară stabilirea unei metodologii de calcul a asigurării pe baza optimizării economice a ansamblului format de lucrările de amenajare a resurselor de apă și de lucrări proprii ale folosințelor.

Formularea metodei propuse are în vedere:

- problema asigurării de calcul aparține categoriei problemelor generale de repartiție optimală a resurselor, iar tratarea ei trebuie să țină seama de principiile programării matematice;
- funcția "obiectiv" care trebuie optimizată în cazul gospodăririi apelor este dată de suma costurilor anuale de calcul generate de ansamblu de lucrări și măsuri aplicate pe sursele de apă și la folosințe, necesare satisfacerii cerințelor de gospodărirea apelor;
- funcția "utilitate" este relația care pune în legătură variația debitelor



BCU IASI BIBLIOTECA UNIVERSITY LIBRARY

prelevate din sursă cu variaţia cheltuielilor la folosinţe pentru satisfacerea cerinţelor de apă precum şi cu variaţia pagubelor provocate de neasigurarea cerinţei de apă; această funcţie este denumită relaţia "apă – producţie"; pe întregul calcul de optimizare a repartiţiei resurselor de apă şi a asigurării, atât în regim natural cât şi în regim amenajat, se bazează pe cunoaşterea acestei funcţii;

- funcţia "beneficiu" trebuie să prindă contur în gospodărirea apelor în vederea fundamentării calculelor economice cu ajutorul ei;
- problema asigurării trebuie studiată în strânsă legătură cu aceea a preţului apei;
- metoda de calcul a asigurării trebuie să aibă în vedere atât regimul natural cât şi cel amenajat al resurselor de apă şi trebuie să ofere posibilitatea stabilirii pe criterii economice obiective a momentului necesar pentru trecerea de la un regim la altul.

In lucrarea "Studii de economia apelor", Bucureşti, 1971 se prezintă:

- aspecte de bază privind relaţia "apă – producţie" şi aspecte privind determinarea gradului optim de asigurare a apei necesare în regim neamenajat;
- descrierea metodei adoptate pentru calculul gradului de satisfacere a cerinţelor de apă pe baza optimizării economice în regim amenajat; metoda propune o schemă de calcul care să unească într-un singur bloc atât aspectele tehnice cât şi cele economice ale dimensionării unui sistem de gospodărirea apelor şi implicit pentru calculul asigurării.

### *5.5. Restricţii*

Analizând modul cum sunt satisfăcute folosinţele de apă, pot fi luate în considerare două perioade de funcţionare:

- perioada de funcţionare asigurată în care trebuie furnizat folosinţelor



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

tot debitul necesar;

- perioada de funcţionare neasigurată în care poate fi admisă o reducere parţială sau chiar totală a debitelor necesare folosinţelor.

In perioada asigurată, sunt repartizate folosinţelor debite variabile în funcţie de timp şi de categoria de folosinţă (există folosinţe care nu pot utiliza debite mai mari decât cele strict necesare, cum sunt irigaţiile; alte folosinţe pot utiliza debite mai mari decât cele strict necesare, sunt hidrocentralele).

Pentru folosinţele ce pot utiliza debite mai mari decât cele strict necesare, se pot distinge mai multe reguli de funcţionare în perioadele asigurate şi anume:

- funcţionarea în regim limitat (când din sursă nu se pot lua decât debitele minime necesare);
- funcţionarea în regim cu limitări parţiale (când debitele care pot fi luate din sursă au valori cuprinse între debitele maxime şi minime necesare folosinţelor);
- funcţionarea în regim liber (când debitele care pot fi luate din sursă sunt mai mari decât debitele maxime necesare folosinţelor).

Livrarea apei către folosinţe se face în prezent prin sistemul la cerere şi sistemul pe bază de abonament (comunicare preliminară).

**Sistemul de livrare la cerere** constă în aceea că folosinţele solicită sistemului de gospodărirea apelor în fiecare moment anumite debite, debite nespecificate în prealabil (Băloi V., 1971); consumatorii folosesc apa fără vreo limitare până în momentul când sistemul de gospodărirea apelor nu poate face faţă cerinţelor, moment în care începe să se aplice restricţii anumitor consumatori.

In calculul de gospodărirea apelor modul de introducere a restricţiilor poate fi adoptat pe următoarele criterii: irigaţiile şi piscicultura trebuie să aibă întregul necesar de apă asigurat cu probabilitatea de 80% şi cel puţin 50% din necesar asigurat cu probabilitatea 95 – 97%; deci introducerea restricţiilor la irigaţii poate fi făcută fără a afecta alimentările cu apă numai până la 50% din necesarul de apă de



BCU "MIRCEA CEL BĂTRÂN" UNIVERSITY LIBRARY

irigat.

Deci, putem concluziona că limitarea cerinţelor de apă duce la înregistrarea unor pagube materiale şi sociale destul de importante şi drept urmare alegerea unei soluţii în acest sens este discutabilă.

### *5.6. Cadastrul apelor*

Pentru gospodărirea apelor este necesară cunoaşterea activităţii de cadastru al apelor, adică a ansamblului de date care caracterizează aceste resurse.

Prin **cadastrul apelor** se înţelege activitatea de inventariere, evidenţă, sistematizare şi sintetizare a tuturor datelor existente şi a rezultatelor măsurătorilor întreprinse pentru caracterizarea în detaliu a resurselor de apă, a reţelei hidrografice, precum şi a lucrărilor de gospodărirea apelor (Atlasul Cadastrului din România, 1992).

Activitatea de cadastru a început în anul 1958 în ţara noastră şi a avut ca scop inventarierea cadastrală primară a lucrărilor şi obiectivelor realizate; această activitate s-a permanentizat prin efectuarea evidenţei cadastrale anuale.

In anul 1964 a fost publicat "Atlasul cadastrului apelor din România"; datele cadastrale au fost grupate pe bazine hidrografice, pe râuri şi pe tipuri de lucrări de gospodărirea apelor în trei volume şi anume:

- reţeaua hidrografică;
- lucrări pentru stăpânirea, folosirea şi protecţia apelor;
- resursele de apă.

In anul 1992 a fost actualizat atlasul cadastrului din România, care este format din două părţi:

- Partea a I-a cuprinde volumul de text "Date morfohidrografice asupra reţelei hidrografice de suprafaţă" şi anume:
  - codificarea reţelei hidrografice;
  - tabele cu date caracteristice ale reţelei hidrografice;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- date privind lacurile naturale şi de acumulare.
- date morfohidrologice ale Deltei Dunării şi litoralului românesc al Mării Negre.

- Partea a II-a cuprinde volumul de hărţi "Harta hidrografică a României" la scara 1:100.000, compus din 13 foi de hartă.

Atlasul Cadastrului apelor din România constituie un auxiliar necesar şi util pentru toţi specialiştii şi tehnicienii cu preocupări în domeniul gospodăririi apelor, pentru elaborarea planurilor de amenajare ale bazelor hidrografice, a planurilor anuale de gospodărirea apelor, precum şi pentru proiectarea şi avizarea lucrărilor hidrotehnice.

**Bibliografie**

1. Băloi V. – Gospodărirea apelor. Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1971;
2. Blidaru V. – Sisteme de irigaţii şi drenaje, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1976;
3. Creţu V. – Economia apelor, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1976;
4. Giurma I. ş.a. – Hidrologie, vol. I, I.P.Iaşi, 1987;
5. Giurma I. ş.a. – Contribuţii la generarea de şiruri de valori hidrologice, care se succed cronologic, Hidrotehnica, 30, 5, Bucureşti, 1985;
6. Giurma I. ş.a. – The generation of hydrological data. Wich succes in a cronological way having a constant step, using stochastic rules. In: 2nd scientific assembly of International Association of Hydrological Science, Budapest, Hungary, July 2 – 10, 1986;
7. I.P.A.C.H. – Îndrumător pentru calcule de gospodărirea apelor, Bucureşti, 1968



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# CAPITOLUL 6
# BILANȚUL APELOR

## *6.1. Generalități*

In vederea stabilirii gradului în care un curs de apă aflat într-un anumit stadiu de amenajare asigură satisfacerea cerințelor de apă ale unor noi folosințe, este necesar să se efectueze calcule de bilanț în anumite secțiuni de pe cursul respectiv numite secțiuni de calcul.

Prin bilanțul apelor într-o secțiune de calcul se înțelege compararea debitelor afluente cu debitele necesare; în aceste calcule de bilanț se iau în considerare valorile debitelor afluente corespunzătoare probabilităților de calcul ale folosințelor interesate.

Ecuația bilanțului global pentru secțiunea luată în calcul este:

$$\pm \Delta Q = Q_{af} - Q_c \ (m^3/s)$$

unde:

+ $\Delta Q$ = excedent (debitele afluente sunt mai mari decât debitele consumate în secțiunea respectivă);

- $\Delta Q$ = deficit (debitele afluente sunt mai mici decât debitele consumate);

$Q_{af}$ = debitele afluente în secțiunea de calcul;

$Q_c$ = debitele cerințelor de apă ale folosințelor în aceeași secțiune.

Când în secțiunea luată în calcul rezultă excedente de debit natural chiar pentru condiții de scurgere în perioada apelor mici corespunzătoare probabilității de calcul, înseamnă că în regimul dat de amenajare sunt satisfăcute cerințele folosințelor și chiar se mai pot extinde folosințele existente, sau se pot crea altele noi, sau o parte din debit poate fi derivată spre alte zone deficitare.

B.C.U. „M. EMINESCU" IAȘI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE

BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Când rezultă deficite de debite, atunci pentru completarea debitului necesar folosințelor în perioada apelor mici trebuie să se intervină cu lucrări de amenajare (acumulări, derivații din alte bazine), iar până la executarea acestor lucrări distribuirea debitelor la consumatori se va reglementa după criterii stabilite de organele de gospodărirea apelor.

Deci, din calculele de bilanț efectuate se pot ivi două situații:

- satisfacerea folosințelor în regim natural;
- necesitatea realizării unor lucrări de regularizare a debitelor prin acumulări sau derivații.

Cu ajutorul bilanțului apelor se stabilesc:

- sectoarele sau zonele excedentare sau deficitare de apă;
- perioadele excedentare și deficitare.

*6.2. Metode de calcul*

Tinând seama de folosințele de apă, de datele de care dispunem și de schema de amenajare a bazinului analizat, se pot utiliza diverse metode în calculele de bilanț (Gh. Crețu, 1976; M. Botzan, 1972).

După datele de bază folosite se întâlnesc:

- **metode indirecte** (aproximative) care folosesc date cu caracter general atât asupra scurgerilor cât și asupra folosințelor;
- **metode directe**, care folosesc date din măsurători și observații pe șiruri de ani sau pe ani caracteristici; aceste metode pot fi analitice și grafice (folosite în studii preliminare).

După schema de amenajare întâlnim:

- **metode succesive** în care se determină succesiv modificările aduse scurgerilor naturale de schema de amenajare, calculele efectuându-se din amonte spre aval;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- **metode cumulative**, în care se cumulează în diferite puncte din bazin efectul ansamblului de lucrări hidrotehnice existente în amonte;
- **metode mixte**, care reprezintă o combinație a metodelor amintite anterior.

Alegerea metodelor de calcul ale bilanțului este influențată de datele de bază și de lucrările de amenajare.

*a) Influența datelor de bază*

Datele de bază necesare pentru întocmirea calculelor de bilanț sunt debitele afluente (naturale) și debitele necesare (I. Giurma ș.a. 1987 și 1990).

**Debitele afluente** trebuie cunoscute ca șiruri de valori medii (zilnice, decadale, lunare sau anuale) pe perioade de ani cu măsurători directe în secțiuni cu posturi hidrometrice de pe cursul de apă luat în studiu.

Sirul de ani de calcul trebuie să fie de cel puțin 15 – 20 de valori pentru cazul folosințelor interesate la probabilități de depășire (asigurări) de 80%, iar pentru asigurări mai mari să fie de cel puțin 30 de ani.

Când sunt utilizate șiruri mai scurte, atunci este necesar să se dispună de măsurători mai îndelungate cel puțin într-o altă stație din bazin pentru corelații în vederea extinderii șirurilor scurte.

In cazul bazinelor hidrografice în care nu există decât date hidrologice generale stabilite pe baza unui șir foarte scurt de măsurători sau pe bază de studii de generalizare hidrologică (debit mediu multianual, stocul mediu, stocul anului cu probabilitatea de depășire 80%, caracteristici ale curbelor de durată etc.) se vor folosi metodele de calcul bazate pe statistica matematică (exemplu: metoda Monte Carlo care constă în generarea unui șir cu număr foarte mare de valori de ordinul a 1.000 – 10.000 și în efectuarea calculelor pentru aceste serii de valori) (V. Băloi, 1971; Gh. Crețu, 1976 și 1980).

Deci, **debitele afluente** pot influența calculele de bilanț după cum amenajările analizate sunt amplasate în bazine în care se dispune de măsurători



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

directe pe un șir mare de ani, pe un șir scurt de ani sau numai pe măsurători genera e.

**Debitele necesare folosințelor și în albie** folosite în calculele de bilanț sunt: debitul minim necesar în albie și debitele minime necesare categoriilor de folosință interesate (alimentările cu apă industrială și potabilă, irigațiile, navigația, amenajările piscicole și stuficole, apele curative și de agrement, amenajările hidroenergetice etc.); trebuie menționat faptul că amenajările hidroenergetice de pe firul apei cu prelevare și restituție simultan egale în aceeași secțiune nu se au în considerare în calculele de bilanț deoarece nu influențează regimul de scurgere al cursului de apă; cele de tip baraj, derivație sau mixt se iau în considerare în calculele de bilanț în mod diferit funcție de importanța lor.

Pe lângă necesarul de apă propriu-zis, la folosințe, pentru determinarea debitelor necesare la sursă, se iau în considerare și pierderile de apă din acumulări ce au loc în sistemele de alimentare de la sursă până la folosință.

**Caracteristicile și numărul folosințelor** luate în considerare au influențe în alegerea metodei de calcul a bilanțului, astfel:

- pentru folosințe cu **necesar de apă constant** (folosite cu variații pe termen scurt – diurnă, săptămânală, care au posibilități interne de compensare a acestor variații) metodele de calcul permit anumite simplificări;
- pentru folosințe cu **necesar de apă variabil** (în cursul unui an sau de la un an la altul) metodele sunt mai complicate.

Folosințele pot influența metoda de calcul a bilanțului și prin modul de grupare a lor în sensul care urmează (Gh. Crețu, 1976; I. Teodorescu ș.a., 1973):

- folosințe care **nu pot utiliza cantități mai mari de apă** decât cele strict necesare (exemplu: irigațiile, alimentările cu apă potabilă etc.); în acest caz se disting numai două regimuri de exploatare a sursei de apă și anume: **regimul natural** (în perioadele în care necesarul de apă al



BCU IAȘI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

folosinței este asigurat) și **regimul cu restricții** (în perioadele care depășesc asigurarea de calcul a folosinței);

- folosințe care **pot utiliza cu avantaje economice cantitățile de apă în plus** (exemplu: amenajările hidroenergetice, alimentările cu apă industrială cu circuit închis și deschis etc.); în acest caz în perioada în care necesarul de apă al folosinței este asigurat se distinge un număr sporit de regimuri care ține seama de diferitele ipoteze intermediare care pot să apară.

**Numărul folosințelor** luat în considerare, influențează la rândul său metoda de calcul a bilanțului, astfel:

- o singură folosință cu o singură asigurare de calcul, necesită o metodă de calcul mult mai simplă și mai precisă;
- mai multe folosințe necesită metode de calcul mult mai complicate și uneori foarte greu de rezolvat.

*b) Influența lucrărilor de amenajare*

Asupra calculului bilanțului apelor influențează foarte mult numărul și amplasarea acumulărilor, astfel (V. Chiriac ș.a., 1976 și 1980; Gh. Crețu, 1976):

- când există o singură acumulare amplasată pe cursul principal care trebuie regularizat și controlează cea mai mare parte a volumului afluent în secțiunea de amplasare a prizei folosinței, acumularea se numește de **regularizare** propriu – zisă a debitelor și calculele de bilanț sunt simplificate (figura 6.1 a);
- când există o singură acumulare amplasată pe un afluent secundar sau în sectorul superior al cursului principal, departe de priză, acumulare ce are rolul de a suplimenta debitele cursului principal în perioada cu ape mici la priză, aceasta se numește acumulare de **compensare** și în acest caz se complică calculele de bilanț (figura 6.1 b);



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

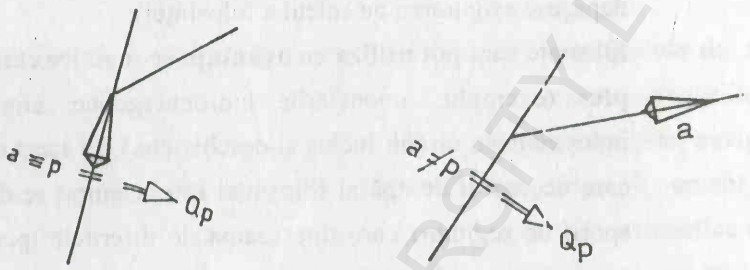



Fig. 6.1. Tipuri de acumulări: a – acumularea de regularizare;
b – acumularea de compensare

- când există mai multe acumulări pe același curs de apă, calculele de bilanț ale debitelor se complică.

Deci, **metoda de calcul a bilanțului** și **alegerea secțiunilor de calcul** sunt influențate într-o oarecare măsură de: stadiul de amenajare existent al bazinului hidrografic, numărul și modul de amplasare a acumulărilor și de numărul și amplasarea folosințelor de apă.

**Calculele de bilanț** se pot efectua pentru diferite intervale de timp și ținând seama de aceste intervale se poate lucra cu debite medii orare, zilnice, săptămânale, decadale, lunare sau anuale.

**Intervalul de calcul** se stabilește în funcție de raportul dintre regimul și mărimea debitelor naturale și de regimul și mărimea debitelor necesare folosințelor; se ține seama și de amenajările existente în bazin pentru regularizarea debitelor (exemplu: pentru folosințe cu variații mari ale consumurilor, în cursul unei zile sau săptămâni și care necesită regularizări de mici proporții adică "*debitele afluente se consideră constante*", calculele se efectuează cu debite orare sau zilnice și aici se pot aminti alimentările cu apă potabilă); pentru folosințe ce



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

necesită regularizări de proporții mai mari cum ar fi irigațiile, calculele se efectuează cu debitele medii decadale sau lunare etc.

### *6.3. Stabilirea secțiunilor de calcul ale bilanțului*

Pentru efectuarea calculelor de bilanț este necesară stabilirea unor secțiuni în care se compară debitele afluente cu debitele necesare. Teoretic trebuiesc luate în considerare toate secțiunile de captare și restituție a apelor de către folosințe și toate secțiunile unde sunt amplasate lucrările de gospodărirea apelor.

Acest lucru este imposibil de realizat datorită volumului mare de calcule necesare. Drept urmare apare necesitatea selecționării din acest ansamblu de secțiuni a unui număr redus în care să se facă calculele de bilanț denumite **secțiuni de calcul**; acestea pot fi (Gh. Crețu, 1976; I. Hortopan, 1965):

- **secțiuni de bază** (în amonte de care sunt amplasate lucrări de gospodărirea apelor care sunt luate în considerare la regularizarea debitelor);
- **secțiuni auxiliare** (în amonte de care nu sunt luate în considerare posibilitățile de regularizare a debitelor).

**Secțiunile de calcul** ale bilanțului debitelor numite și **secțiuni de control**, trebuie să fie alese în așa fel încât rezultatele calculelor de bilanț să fie concludente în stabilirea excedentelor și deficitelor.

Intr-un bazin hidrografic secțiunile de calcul se amplasează în următoarele puncte:

- la capătul aval al cursului principal;
- imediat amonte de afluenți;
- pe afluenții mai importanți la punctele de confluență;
- la fiecare punct de priză al folosințelor importante;
- în dreptul acumulărilor și a prizei derivațiilor;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- la limita de unități administrative (județe).

La calculele de bilanț se iau în considerare de obicei, debitele zilnice sau debitele medii lunare.

Bilanțul cu ajutorul debitelor medii zilnice se efectuează în toate secțiunile de calcul stabilite în cadrul unui bazin hidrografic.

Bilanțul cu ajutorul debitelor medii lunare se face numai la capătul aval al cursului principal, la punctele de confluență cu afluenții mai importanți și la limitele de unități administrative.

Problema amplasării secțiunilor de calcul este clară în cazul confluențelor și limitelor de unități administrative și se complică în cazul prizelor de apă pentru folosințe și în cazul acumulărilor deoarece în general într-un bazin hidrografic numărul prizelor pentru consumatorii de apă este mare; la fel se poate spune și în cazul unui număr mare de acumulări în bazinul hidrografic analizat.

Apare necesitatea eliminării unor secțiuni de calcul; acest lucru trebuie să facă obiectul unei analize de detaliu în cadrul căreia să se țină seama de:

- amplasarea prelevărilor și restituirilor de debite în raport cu rețeaua hidrografică;
- amplasarea lucrărilor de gospodărirea apelor, adică acumulări or și derivațiilor în raport cu rețeaua hidrografică.

Trebuie specificat că derivațiile pot fi asimilate cu folosințe consumatoare de apă.

Unele secțiuni de calcul pot fi eliminate în cazul când acestea nu au o influență deosebită asupra regimului de scurgere, asupra modului de satisfacere a cerințelor de apă sau asupra modului de exploatare a acumulărilor.

Se poate renunța la unele secțiuni de calcul în una din situațiile:

- secțiuni situate în sectoare de râu neinfluențate de lacuri de acumulare sau derivații, când suma dintre debitul captat în secțiune și debitele



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

consumate în amonte este mai mică decât debitul mediu lunar minim din șirul de ani de calcul;

- secțiuni în care necesarul de apă este satisfăcut dacă se respectă condițiile impuse de alte secțiuni (exemplu: secțiunile în care necesarul de apă este satisfăcut de restituirile din amonte);
- secțiuni în care deficitele sunt mici și nu influențează rezultatele calculelor de bilanț din aval.

Pe sectoarele de râu unde alimentarea din izvoare și ape subterane este foarte redusă, debitele variază discontinuu (prezintă salturi în punctele unde debușează afluenții); deci se pot crea sectoare în care debitul natural se admite practic constant și aici se poate reduce numărul de secțiuni de control; amplasarea secțiunilor de calcul în acest caz depinde de modul de amplasare a folosințelor.

*a) Amplasarea folosințelor*

Se admite că pe un sector de râu unde există o folosință "i" are loc relația:

$$Q_{p_i} = Q_{c_i} + Q_{r_i}$$

unde:

- $Q_{p_i}$ = debitul prelevat de folosința "i";
- $Q_{c_i}$ = debitul consumat de folosința "i";
- $Q_{r_i}$ = debitul restituit de folosința "i".

Pe un sector de râu folosințele pot fi grupate în paralel, în serie și mixt; acest mod de grupare al lor se stabilește după poziția punctelor de captare și restituire (fig. 6.2. a și b).



BCU IAȘI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

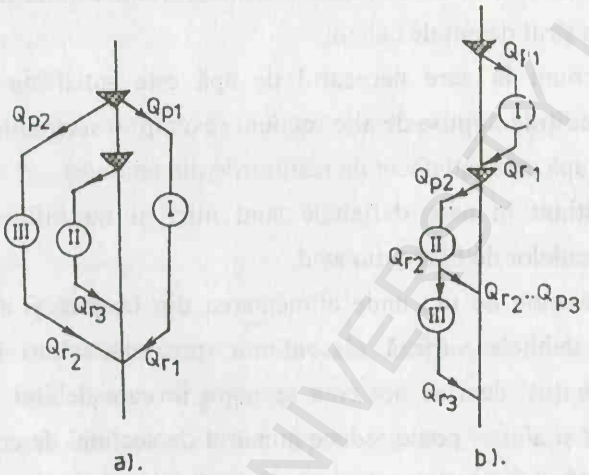



Fig. 6.2. Gruparea folosințelor pe un sector de râu: a) în paralel; b) în serie

Folosințele care prelevă apa în paralel au o captare comună sau au captări din prize independente așezate de-a lungul cursului de apă în amonte de punctele de restituție; debitul total este dat de suma debitelor prelevate de fiecare folosință:

$$Q_n = \sum_{i=1}^{n} Q_{p_i}$$

Folosințele care prelevă apa în serie sunt așezate de-a lungul cursului de apă, astfel încât fiecare priză este situată în aval de restituția folosinței din amonte; toate aceste folosințe pot fi echivalente cu o singură folosință, care are debitul necesar dat de relația:



BCU IPOCENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$Q_{n_j} = \max\left( Q_{p_j} + \sum_{i=1}^{j-1} Q_{c_i} \right)$$

Folosințele care prelevă apa în sistem mixt reprezintă o combinație a primelor două categorii.

Alegerea secțiunilor de calcul este influențată și de alt criteriu și anume:

***b) Amplasarea lucrărilor de gospodărirea apelor***

Cele mai reprezentative lucrări de gospodărirea apelor sunt acumulările și derivațiile.

In cazul acumulărilor avem următoarele situații:

- când pe sectorul de râu cu o acumulare nu sunt amplasate folosințele, atunci este necesar ca una din secțiunile de calcul de bilanț să fie amplasate în dreptul barajului;
- când există mai multe acumulări pe același sector de râu este necesară o singură secțiune de calcul a bilanțului amplasată în profilul barajului acumulării din aval;
- când între acumulări sunt folosințe, se introduc mai multe secțiuni de calcul al bilanțului.

In cazul derivațiilor care pot fi asimilate ca folosințe consumatoare de apă, este necesar introducerea unor secțiuni de calcul al bilanțului în fiecare secțiune de priză a derivației.

### *6.4. Stabilirea secțiunilor de calcul fictive cumulative*

O secțiune fictivă cumulativă este o secțiune de calcul ipotetică, care concentrează un ansamblu de secțiuni reale. Pentru a studia modul de grupare a secțiunilor reale pe secțiuni fictive cumulative se analizează două situații tipice la



BCU MAC/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

care poate fi redusă o schemă de amenajare și anume: schema de amenajare cu lucrări de gospodărirea apelor situate în serie și în paralel (fig. 6.3. a și b).

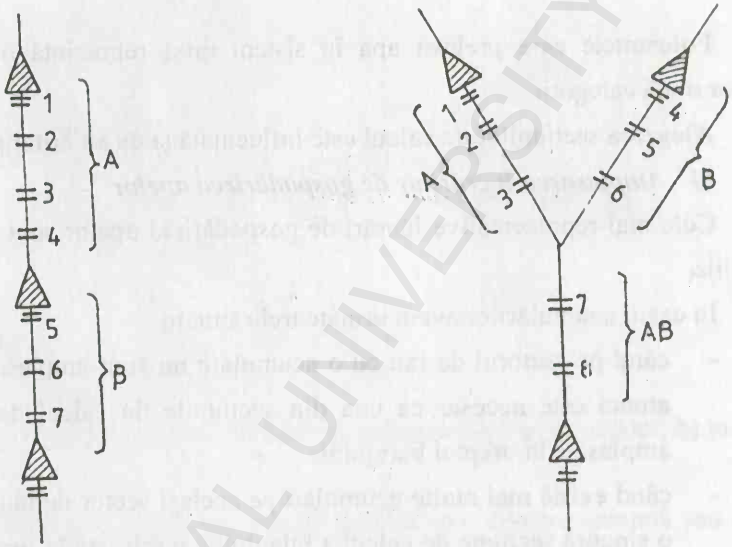



Fig. 6.3. Gruparea secțiunilor reale în serie (a) și în paralel (b) pe secțiuni fictive cumulative (1, 2, 3, ..., 8 - secțiuni reale; A, B, AB - gruparea secțiunilor reale în secțiuni fictive).

### *6.5. Tipuri de bilanț și calculul volumelor utile ale lucrărilor*

Noțiunea de bilanț de gospodărirea apelor se utilizează în două sensuri diferite:

- bilanț global de gospodărire a apelor, care se referă la elementele medii pe anumite perioade sau la elemente aferente anumitor perioade caracteristice; acest bilanț servește la caracterizarea gradului de solicitare sau la utilizarea unor resurse de apă, însă nu este util pentru analizele de dimensionare sau exploatare ale lucrărilor de gospodărirea apelor;



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- bilanț analitic, care se referă la elementele pe un șir de intervale de timp sau la parametrii distribuțiilor statistice ale acestor elemente; acest tip de bilanț stă la baza calculelor de gospodărire a apelor pentru dimensionarea și exploatarea lucrărilor de gospodărirea apelor.

Metodele de calcul ale bilanțului pot fi împărțite în trei categorii distincte:

- metode de simulare, care caută să rezolve problemele de gospodărirea apelor modelând procesele respective pe șiruri de valori caracterizând succesiunile mărimilor care intervin în calcule;
- metode algebrice, care caută să stabilească ecuațiile probabilistice generale ale procesului, trecând apoi la rezolvarea acestor ecuații;
- metode de similitudine de gospodărirea apelor care caută să extrapoleze în spațiu rezultatele calculelor de gospodărirea apelor obținute prin una din metodele anterioare.

**Bibliografie:**

1. Băloi V. – Gospodărirea apelor, Ed. Didactică și Pedagogică București, 1971;
2. Botzan M. – Bilanțul apelor în solurile irigate, Ed. Academiei, 1972;
3. Chiriac V. ș.a. – Lacuri de acumulare, Ed. Ceres, București, 1976;
4. Chiriac V. ș.a. – Prevenirea și combaterea inundațiilor, Ed. Ceres, București, 1980;
5. Crețu Gh. – Economia apelor, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1976;
6. Crețu Gh. – Optimizarea sistemelor de gospodărirea apelor, Ed. Facla, Timișoara, 1980;
7. Dobrescu Gh. ș.a. Compendiu de programe mini/microcalculatoarelor, Ed. Enciclopedică, București, 1993;
8. Drobot R., Giurma I. – Hidrologie, vol. II, I.P.Iași, 1990;
9. Giurma I ș.a. – Hidrologie, vol. I, I.P.Iași, 1987;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

10. Giurma I. – Dimensionarea volumelor utile ale lacurilor de acumulare amplasate în zone colinare prin automatizarea calculelor de bilanț al apelor, A III-a Conferință Internațională de Hidrologie. Universitatea "Babes – Bolyai", Cluj Napoca, 1998;
11. Hortopan I. ș.a. – Gospodărirea apelor, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1965;
12. Teodorescu I. ș.a. – Gospodărirea apelor, Ed. Ceres, București, 1973.

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

# CAPITOLUL 7
# EFECTELE NEGATIVE ALE APELOR. POLUAREA APELOR

## *7.1. Tipuri de efecte negative*

Uneori apa în natură îmbracă forme grave şi provoacă astfel mari pagube materiale şi chiar pierderi de vieţi omeneşti. Efectele negative ale apelor sunt generate de un complex de factori naturali, dar ele pot fi create sau amplificate şi de unele activităţi umane.

Efectele negative ale apei se pot grupa după modul cum acţionează apa, astfel (I. Teodorescu ş.a., 1973):

- efecte negative ale apei din atmosferă (eroziunea produsă de picături care cad pe sol, grindina, ceaţa, bruma, poleiul ş.a.);
- efecte negative ale apelor de suprafaţă (eroziunea de suprafaţă şi de adâncime, eroziunea albiei şi malurilor râurilor, inundaţiile, excesul de umiditate, acumularea de săruri ş.a.);
- efecte dăunătoare ale apelor subterane (înmlăştinirile, salinizarea secundară, levigarea şi colmatarea straturilor subterane, afuieri ş.a.);
- efecte negative ale apelor maritime (inundaţii ale zonelor litorale provocate de vânturi şi maree);
- efecte negative ale apelor aflate sub formă solidă (avalanşe, gheţari, plutitori, eroziunea provocată de gheţari ş.a.).

In afara acestor efecte negative mai pot lua naştere şi alunecările de teren ca rezultat al acţiunii combinate a apelor de suprafaţă cu cele subterane.

Dacă ţinem seama de cauzele care produc efectele negative ale apelor, atunci le putem grupa astfel:

BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- efecte negative datorate unor fenomene naturale;
- efecte negative datorate unor fenomene accidentale (exemplu: ridicarea nivelului apei prin bararea unui râu, poate determina o ridicare a nivelului freatic cu implicații dăunătoare cum ar fi înmlăştinirea şi salinizarea).

Având în vedere faptul că în studiul schemelor de amenajare a resurselor de apă se ține seama atât de procesele dăunătoare cât şi de efectele acestor procese, se impune o diferențiere clară a proceselor în funcție de efecte şi anume:

- procese cu efecte negative ireversibile, care după ce au fost provocate avansează continuu fără a se opri în mod natural (exemplu: procesul de eroziune care are un caracter progresiv şi drept urmare poate fi stăvilit numai prin intervenția omului cu diferite tipuri de amenajari);
- procese cu efecte negative de scurtă durată, care după producerea unor pagube momentane ajung în mod natural la starea inițială (exemplu: inundațiile);
- procese cu efecte negative potențiale, în urma cărora nu se înregistrează pagube însă pot crea un risc în desfăşurarea unor activități (exemplu: ceața care nu are un efect negativ prin ea însăşi, dar stânjeneşte desfăşurarea unor activități cum ar fi circulația normală pe căile de comunicație).

## *7.2. Poluarea apelor*

### 7.2.1. Sursele de poluare

Apa în circuitul ei în natură nu este pură, ea transportă substanțe foarte variate şi are un rol important de a menține un echilibru natural al mediului. In urma intervenției umane are loc însă un dezechilibru al mediului ambiant, în sensul măririi substanțelor aduse în apă, producând poluarea acesteia.



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Problema calității apei trebuie legată de folosirea ei și nu trebuie lăsată numai ca o problemă a mediului ambiant.

Există apă care nu corespunde calitativ pentru satisfacerea unor folosințe, chiar în condiții naturale; în același timp condițiile calitative impuse variază de la o folosință la alta sau de la o țară la alta în cadrul aceleiași folosințe.

Poluarea apelor afectează toate formele apei în natură, iar sursele de poluare se pot împărți în surse organizate și neorganizate.

După acțiunea lor în timp sursele de poluare pot fi: permanente, nepermanente și accidentale; iar după modul de generare a poluării; sursele de poluare pot fi: naturale și artificiale (ape uzate și depozite de deșeuri) (I. Teodorescu ș.a., 1973; I. Cojocaru, 1995).

**a) Surse de poluare permanente naturale**

Acestea pot apare în unele cazuri cum ar fi:

- trecerea apelor prin zone cu roci solubile (zăcăminte de sare, de sulfați etc.) sau în cazuri mai rare în zone cu roci radioactive;
- trecerea apelor de suprafață prin zone cu fenomene de eroziune a solului;
- vegetație intensă acvatică fixă sau flotantă;
- vegetația de pe maluri impurifică prin căderea totală sau parțială în apă (componentele organice sunt supuse unor procese de descompunere și putrezire care impurifică apele în special în perioadele secetoase).

**b) Surse de poluare accidentală naturală**

Acestea sunt în general rare și apar datorită unor fenomene geologice (exemplu: în urma unor erupții vulcanice, a spălării unor falii ș.a. pot pătrunde ape puternic mineralizate în apele de suprafață sau subterane).

**c) Surse de poluare permanentă artificială**

In acest caz principala sursă de poluare o constituie apele uzate care după: proveniența lor pot fi grupate (C. Rădescu, 1971) în ape uzate: menajere, publice,



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

industriale, de la unități agrozootehnice și piscicole, rezultate din satisfacerea nevoilor tehnologice proprii de apă ale sistemelor de canalizare, de la spălatul și stropitul străzilor și incintelor, ape meteorice infectate, apele colectate în rețelele de desecări și drenaj ale terenurilor agricole ș.a.

O altă sursă importantă de poluare încadrată tot aici o constituie depozitele de deșeuri și reziduuri (V. Chiriac, 1968). Cele mai răspândite depozite de acest tip sunt: gunoaiele orășenești, deșeuri solide industriale, cenușa de la termocentrale, zguri metalurgice, steril minier, rumeguș ș.a.

**d) Surse de poluare accidentală artificială**

Cele mai importante care sunt întâlnite în practică pot fi considerate următoarele: poluarea accidentală cu produse petroliere sau alte substanțe industriale lichide, navigația, accidentele diferitelor mijloace de transport a substanțelor petroliere, forajele submarine, poluarea accidentală cu produse fito – farmaceutice, alte tipuri de poluări accidentale.

**e) Tipuri speciale de poluare a apelor**

Aici se pot aminti poluarea termică și cea bacteriologică.

Poluarea termică rezultă în special în urma descărcării apelor calde care provin de la răcirea marilor centrale termice sau nucleare.

Poluarea bacteriologică reprezintă contaminarea unor surse de apă cu agenți patogeni care răspândesc o serie de boli (boli hidrice).

### 7.2.2. Stabilirea gradului de poluare al apelor și a limitei de poluare admisibile

Cerințele calitative de apă ale folosințelor trebuie să facă distincție între: folosințele care utilizează cursul de apă propriu – zis, unde condițiile de calitate impuse se referă la sursă și folosințele care prelevă apa, unde se pot îmbunătăți caracteristicile calitative ale apei prin stații de tratare.



BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Condiţiile de calitate ale apei se referă la caracteristicile organoleptice, fizice, chimice, bacteriologice, biologice şi la radioactivitatea apei; condiţiile de calitate admisibile pentru diverse folosinţe sunt stabilite prin norme sau standarde în vigoare.

Atenţie foarte mare trebuie acordată faptului că toate aceste caracteristici sunt mărimi stohastice şi drept urmare la fiecare condiţie de calitate trebuie să se asocieze o probabilitate. O primă aproximaţie care se poate face în acest sens este că probabilitatea de depăşire a caracteristicilor normate trebuie să fie aceeaşi cu cea de livrare a debitelor necesare.

După folosinţele pe care le deservesc, apele din ţara noastră sunt încadrate în trei categorii (STAS 4706/88):

- categoria I-a: ape utilizate pentru: alimentarea centralizată cu apă potabilă; alimentarea cu apă a acelor întreprinderi şi unităţi agrozootehnice la care procesele tehnologice necesită o apă de aceeaşi calitate cu apa potabilă; salmonicultura în regim liber al cursurilor de apă şi alimentarea cu apă a amenajărilor piscicole salmonicole; ştranduri organizate;
- categoria a II-a; ape utilizate pentru: piscicultură în regim liber al cursurilor de apă şi alimentarea cu apă a amenajărilor piscicole (mai puţin salmonicultura); scopuri urbanistice şi de agrement;
- categoria a III-a; ape utilizate pentru: alimentarea cu apă a industriilor pentru necesităţi tehnologice; alimentarea cu apă pentru irigaţii; alte folosinţe neincluse în primele două categorii.

In literatura de specialitate se dau valorile limită pentru o serie de indicatori corespunzătoare celor trei categorii de folosinţe. Aceşti indicatori se referă la condiţiile de calitate pe care trebuie să le îndeplinească apa emisarului după evacuarea apelor uzate şi ei se referă atât la caracteristicile organoleptice, fizice, chimice şi bacteriologice, cât şi la o serie de caracteristici biologice care



BCU ASCENDIA UNIVERSITY LIBRARY

caracterizează schimburile care au loc în fauna şi flora acvatică ca urmare a impurificării cu substanţe organice biodegradabile şi a consumului de oxigen.

Aceste norme reprezintă o schematizare a cerinţelor de apă.

Categoriile de calitate amintite reprezintă un ghid pentru activitatea de protecţie a calităţii apelor şi nu exclud efectuarea unor studii privind schemele de gospodărire a calităţii apelor cu analize de optimizare economică a soluţiilor şi implicit a calităţii apelor pe diferite tronsoane de cursuri de apă.

Problema determinării gradului de poluare a apelor şi a limitei de poluare admisibile nu este încă pe deplin rezolvată în prezent.

Este uzuală încadrarea apelor în diferite categorii de calitate cum este prezentată anterior. Trebuie remarcat faptul că limitele respective sunt determinate numai după modul de folosire a apelor; aici trebuind incluse şi considerente de menţinere a echilibrului ambiant, care sunt total independente de cele privind folosirea apelor.

Un alt criteriu de apreciere a calităţii apelor poate fi considerat şi cel al indicatorilor biologici de calitate, care permit o apreciere a calităţii absolute a apei fără a stabili gradul de poluare produs de diferite surse de impurificare. Stabilirea unui asemenea indicator poate fi încercată prin deficitul de specii.

Deficitul de specii pleacă de la constatarea că natura şi mulţimea formelor de viaţă acvatică dintr-o anumită zonă a unei surse de apă reflectă şi intensitatea poluării apei în zona respectivă, deci micşorarea numărului de specii potenţial cu gradul de impurificare este una din consecinţele biologice ale impurificării apelor. Plecând de la această constatare rezultă deficitul de specii ($D_x$):

$$D_x = \frac{A_0 - A_x}{A_0} \cdot 100$$



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

unde:

$A_0$ = numărul de specii dintr-o staţie martor în amonte de zona poluată;

$A_x$ = numărul de specii din zona poluată.

Deoarece în cazul unor anumite poluări unele specii ale apelor curate dispar dar apar altele specifice apelor impurificate, rezultă că logica care a stat la baza stabilirii acestui indicator este parţial corectă.

Drept urmare o variantă corectă a acestui indicator ar trebui să ţină seama în determinarea lui $A_x$ numai de numărul de specii care se regăsesc în zona staţiei martor, neglijându-se speciile noi apărute în cazul impurificării.

Din punct de vedere al protecţiei mediului, trebuie impusă condiţia de a se realiza în aval de punctele de deversare a apelor uzate un deficit de specii nul.

### 7.2.3. Consecinţele poluării apelor

Consecinţele poluării apelor sunt la fel de numeroase ca şi sursele de poluare; unele dintre ele sunt abia întrevăzute, iar altele sunt încă imprevizibile; există deci posibilitatea apariţiei unor noi consecinţe odată cu apariţia unor noi poluanţi. Consecinţele poluării apelor cele mai răspândite sunt: sanitare, biologice, hidrologice, hidrogeologice, pedologice, economice şi de ordin social; aceste consecinţe se autodefinesc.

**Bibliografie:**

1. Chiriac V. – Tratarea şi valorificarea reziduurilor, Ed. Agrosilvică, Bucureşti, 1968;
2. Cojocaru I – Surse, procese şi produse de poluare, Ed. Junimea, Iaşi, 1995;
3. Rădescu C. – Protecţia calităţii apelor, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1971;
4. Teodorescu I. ş.a. – Gospodărirea apelor, Ed. Ceres, Bucureşti, 1973;
5. STAS 4706/88 – Ape de suprafaţă. Categorii şi condiţii tehnice de calitate.



BCU IAŞI CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

# CAPITOLUL 8
# REGULARIZAREA DEBITELOR PRIN MĂSURI ŞI LUCRĂRI DE GOSPODĂRIREA APELOR

### *8.1. Generalităţi*

Regularizarea debitelor pe un curs de apă reprezintă ansamblul de măsuri şi lucrări de amenajare care se aplică pe cursul respectiv în vederea micşorării variaţiei scurgerii şi repartizării acesteia în mod dirijat într-o perioadă de timp stabilită (V. Băloi, 1980).

Scopul regularizării debitelor este satisfacerea cerinţelor de apă ale folosinţelor şi prevenirea efectelor distructive ale viiturilor.

Satisfacerea cerinţelor de apă ale folosinţelor se poate realiza prin: acumulări, derivaţii, regularizări de albii şi prin combinarea acestora.

Prevenirea efectelor distructive ale viiturilor se poate realiza prin:

- regularizarea scurgerii pe versanţi prin măsuri organizatorice antierozionale şi lucrări de combaterea eroziunii solului şi amenajarea torenţilor;
- mărirea capacităţii de transport a albiilor cu ajutorul lucrărilor de regularizarea cursurilor de apă (reprofilări de secţiuni, rectificări de traseu, tăieri de coturi ş.a.);
- prin conducerea parţială a debitului de viitură în alte bazine hidrografice sau în cadrul aceluiaşi bazin în aval de obiectivele importante periclitate de inundaţii; acest efect se obţine prin lucrări de derivaţie;
- acumulări amplasate de obicei, în sectoarele mijlocii şi superioare ale cursurilor de apă şi poldere în sectoarele inferioare;
- îndiguiri;

BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA LIBRARY

- combinaţia lucrărilor menţionate (acumulări şi regularizări de albii, acumulări şi derivaţii ş.a.) toate aceste combinaţii trebuie să aibă la bază regularizarea scurgerii pe versanţi.

### *8.2. Regularizarea debitelor prin acumulări de apă*

Acumulările reprezintă calea cea mai rapidă şi eficace de regularizare a debitelor; în privinţa folosinţelor de apă ele satisfac cel mai bine cerinţele acestora, iar în privinţa luptei împotriva inundaţiilor acumulările prezintă avantajul că pot controla din puncte concentrate debitele de viitură (V. Băloi, 1980).

Acumulările de apă se pot realiza cu ajutorul bazinelor închise, bazinelor deschise şi bazinelor cu baraj.

Bazinele închise (rezervoarele) au o capacitate mică, se construiesc din diverse materiale de construcţii (piatră, lemn, metal, beton, beton armat ş.a.) şi pot fi amplasate la nivelul terenului, la o cotă oarecare sau îngropate; ele sunt folosite numai pentru alimentări cu apă.

Bazinele deschise sunt tot de capacitate mică, sunt săpate în pământ şi prevăzute cu un strat impermeabil executat din argilă, piatră, beton, materiale plastice ş.a.; ele se folosesc pentru adăpatul animalelor, în crescătoriile de păsări şi chiar la irigarea terenurilor pe suprafeţe reduse.

Bazinele de acumulare realizate prin bararea cursurilor de apă sunt cele mai răspândite şi au capacităţi mari. Ele reprezintă cea mai rapidă şi eficace cale de regularizare a debitelor. Pentru combaterea inundaţiilor prezintă avantajul că pot controla din puncte centralizate debitele viiturilor, iar pentru folosinţele de apă, ele satisfac cel mai bine cerinţele de consum ale acestora.

Aceste bazine de acumulare sunt compuse din următoarele părţi:

- barajul, care se construieşte din beton sau materiale locale;
- cuva lacului, în care se realizează acumularea apei;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- construcţiile şi instalaţiile de golire sau evacuare a apei, amplasate în corpul barajului sau pe unul din maluri (vane de diferite tipuri; deversoare centrale sau laterale, instalaţii de pompare ş.a.);
- lucrări anexe, cum sunt construcţiile social - gospodăreşti, reţeaua telefonică sau radiotelefonică de legătură cu beneficiarii şi cu centrele populate;
- A.M.C.-urile (aparate de măsurare şi control) amplasate atât în lungul acumulării cât şi la baraj.

Ţinând seama de amplasamentul acumulărilor în cadrul unui bazin hidrografic al unui râu, acestea pot fi în zona montană, în zona deluroasă şi în zona de câmpie (I. Giurma, ş.a., 1987)

Acumulările din zona montană au baraje înalte şi de lungimi mici, construite de obicei din beton sau piatră şi au ca scopuri principale: hidroenergetica şi atenuarea viiturilor; ele pot servi în secundar şi pentru alimentări cu apă potabilă şi industrială şi pentru irigaţii, dar costul apei este ridicat datorită distanţelor mari de transport.

Acumulările din zona deluroasă au baraje mai mici, construite de obicei din materiale locale şi au ca scopuri principale: atenuarea viiturilor şi alimentarea cu apă potabilă şi industrială a centrelor populate şi pentru irigaţii, deoarece sunt situate în apropierea acestor folosinţe.

Acumulările din zona de câmpie au baraje de înălţimi mici şi lungimi mari, construite de obicei din pământ şi prezintă avantajul că se găsesc în apropierea centrelor populate şi a terenurilor de irigat, dar şi dezavantajul că necesită lungimi mari de baraj şi au pierderi mari de apă prin evaporaţie şi infiltraţii; pentru atenuarea undelor de viitură în luncile râurilor mari se creează acumulări prin îndiguire numite poldere care au forma unor compartimente de incinte inundabile.

Dacă ne referim la acumulările amplasate pe apele curgătoare de suprafaţă, atunci se constată că ele sunt amenajări de gospodărirea apelor care realizează



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

supraînălţări de niveluri şi totodată modifică repartiţia în timp a debitelor râurilor pe care sunt amplasate, prin volumul de apă pe care îl reţin. Deci, în cadrul unui bazin hidrografic, acumulările realizează două tipuri de modificări ale condiţiilor naturale şi anume: modificarea nivelurilor şi modificarea regimului debitelor.

După modificarea nivelurilor cursurilor de apă, acumulările pot avea următoarele funcţiuni:

- asigurarea unor anumitor cote ale nivelurilor unui curs de apă pentru a permite captarea apei necesară unor folosinţe;
- realizarea unei căderi concentrate care să fie valorificată hidromecanic sau hidroenergetic;
- realizarea unor adâncimi minime de navigaţie pe un anumit sector al unui curs de apă (exemplu: acumulările de la Porţile de Fier);
- realizarea unor lucii piscicole sau pentru agrement;
- realizarea unor lucii care să asigure răcirea apelor uzate deversate de folosinţe (iazuri de răcire), sau pentru asigurarea îndepărtărilor unor reziduuri (iazuri de decantare).

După modificarea regimului debitelor cursurilor de apă, lacurile de acumulare pot avea următoarele funcţiuni:

- asigurarea unor concordanţe între regimul debitelor râurilor şi necesarul de apă în secţiunea de calcul (secţiunea de bilanţ); în acest scop lacul se menţine tot timpul cât mai plin pentru a putea suplimenta debitele râului în perioadele de deficit.
- atenuarea debitelor de viitură pentru apărarea împotriva inundaţiilor a unor obiective; în acest caz lacul se menţine cât mai mult timp gol pentru ca să poată reţine eventualele viituri.

Ţinând seama de acest aspect întâlnim:

- acumulări de regularizare, care sunt amplasate pe cursul principal al unui râu în apropierea secţiunii de calcul şi controlează deci tot debitul



BCU IAŞI - TEHNICAL UNIVERSITY LIBRARY

afluent în această secţiune; majoritatea acumulărilor cu scop hidroenergetic sau cele pentru alimentări cu apă potabilă şi industrială şi pentru irigaţii cu prelevarea apei direct din lac, se încadrează în acest tip;

- acumulări de compensare care sunt amplasate fie pe cursul principal fie pe afluenţi, la distanţă mare faţă de secţiunea de calcul; aceste acumulări pot fi amplasate şi în alt bazin din care se derivă apa spre secţiunea de calcul;
- acumulări de redresare care sunt amplasate în aval de un lac mare şi au rolul de a distribui în timp debitele regularizate de lacul din amonte şi de a prelua eventual neregularităţile întâlnite în funcţionarea acestora;
- acumulări de tip mixt, care au rolul de a satisface cerinţele de apă din mai multe secţiuni.

Acumulările pot avea şi o serie de funcţii complexe cum ar fi: transferul apei dintr-o formă în alta a ciclului hidrologic natural sau influenţa exercitată asupra mediului ambiant.

Din acest punct de vedere întâlnim:

- acumulări care creează un gradient hidraulic sporit în urma supraînălţărilor de nivel şi asigură reîmprospătarea artificială a straturilor subterane;
- acumulări care transformă mediul ambiant prin influenţa directă asupra microclimatului şi asupra condiţiilor hidrologice din zonă;
- acumulări naturale separate printr-o serie de amenajări pe zonele litorale pentru a întrerupe circulaţia apei de mare spre acumulare în vederea împiedicării salinizării apei din aceste lacuri.

După modul de exploatare al acumulărilor întâlnite în practică avem:

- acumulări permanente folosite pentru asigurarea unui nivel minim al apei sau pentru satisfacerea unor folosinţe consumatoare de apă; aceste



BCU IASI CENTRALA UNIVERSITY LIBRARY

acumulări se menţin pline, nivelul coborând numai pentru satisfacerea folosinţelor consumatoare de apă;

- acumulări nepermanente folosite pentru atenuarea undelor de viitură în vederea apărării împotriva inundaţiilor a unor obiective; aceste acumulări se menţin goale, pentru a putea reţine eventualele viituri;
- acumulări mixte; deoarece principiul de exploatare este complet diferit pentru acumulările cu rol permanent şi nepermanent, iar acumulările mixte trebuie să îndeplinească simultan ambele funcţii, volumul lor se împarte într-o transă permanentă şi alta nepermanentă.

După soluţia constructivă adoptată întâlnim:

- acumulări cu baraje frontale, care se realizează prin bararea cursului de apă printr-o lucrare încastrată în cei doi versanţi ai râului;
- acumulări laterale, care se realizează fără să se bareze cursul de apă, printr-un dig longitudinal paralel cu râul cu închideri în versanţi la capătul aval şi în majoritatea cazurilor şi la capătul amonte;
- acumulări cu diguri inelare situate în afara cursurilor de apă;
- acumulări în zonele depresionare;
- acumulările mixte, care se realizează prin combinarea variantelor expuse anterior.

După modul de utilizare a scurgerii există acumulări cu regularizare completă, incompletă şi mixtă.

Acumulările cu regularizare completă funcţionează fără evacuarea apei, care este folosită în întregime, spre deosebire de acumulările cu regularizare incompletă unde fie că afluenţa totală este mai mare decât consumul total, fie că lacul are o capacitate insuficientă pentru regularizarea întregii scurgeri şi se impune deci o regularizare parţială a scurgerii.

Acumulările cu regularizare mixtă pot realiza regularizarea simultană a scurgerii pe perioade de diferite durate cu ajutorul unui singur bazin de acumulare



BCU "ASACHI" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(exemplu: regularizare săptămânală paralel cu regularizare zilnică; regularizare anuală completă şi multianuală incompletă).

Din punct de vedere al perioadei de timp pentru care se face regularizarea (compensarea) debitului, întâlnim acumulări cu regularizare: zilnică, săptămânală, sezonieră, anuală şi multianuală (V. Băloi, 1967).

*a) Acumulările cu regularizare zilnică*

Acestea sunt întâlnite la folosinţe care au posibilitatea internă de compensare numai pentru perioada unei zile cum sunt: alimentarea cu apă potabilă, industrială şi uneori chiar la hidrocentrale.

In cazul regularizării zilnice există de regulă o neuniformitate în privinţa consumului în decursul celor 24 de ore (fig. 8.1)

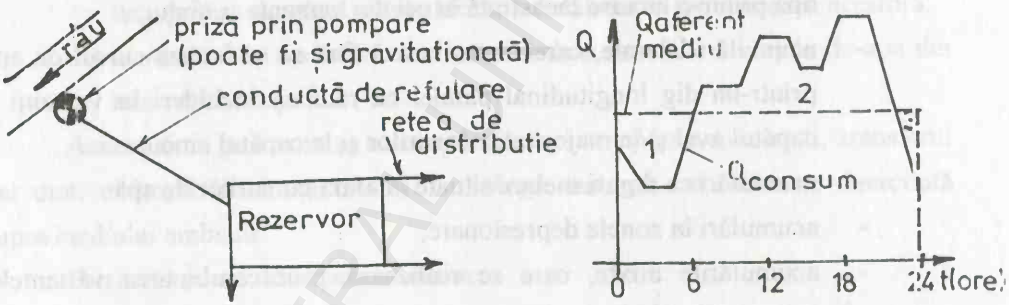



Fig. 8.1. Schiţa unei alimentări cu apă şi graficul de afluenţă şi consum pe durata unei zile

Coeficientul de neuniformitate al consumului în 24 de ore este:

$$b = \frac{Q_{dev.max}}{C\,h_{max}^{3/2}}$$



BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA

Pentru aflarea debitului afluent mediu ($Q_{afluent\ mediu}$) care reprezintă debitul afluent adus în rezervor şi care pe durata unei zile are o valoare aproximativ constantă, trebuie să se stabilească valoarea debitului de consum mediu ($Q_{consum\ mediu}$) cu care trebuie să fie egal.

Deci $Q_{afluent\ mediu} = Q_{consum\ mediu}$ şi va fi raportul dintre volumul consumului într-o zi şi numărul de secunde dintr-o zi.

Analizând graficul din figură se constată că în unele perioade ale zilei $Q_{consum} > Q_{afluenţă\ medie}$, iar în altele este invers (volumul 2 este deficitul, iar volumele 1 şi 3 sunt volumele excedentare)

Pentru ca rezervorul să poată funcţiona cu regularizare zilnică în condiţii bune, trebuie ca volumul lui să aibă valoarea mai mare sau cel puţin egală cu valoarea deficitului. Volumele 1 şi 3 reprezintă tocmai volumul de apă acumulat în rezervor necesar pentru acoperirea deficitului 2.

*b) Regularizarea săptămânală*

Aceasta are loc când la un debit afluent mai mult sau mai puţin constant în decursul unei săptămâni, debitul consumat variază (exemplu: în zilele de sărbătoare când instituţiile sau întreprinderile consumatoare de apă nu funcţionează) (fig. 8.2).

Si în acest caz, $Q_{afluent\ mediu} = Q_{consum\ mediu}$.

Volumul excedentar (2) reprezintă tocmai volumul utilizabil necesar pentru acoperirea deficitului (1).

In cazul unei producţii neîntrerupte nu se poate vorbi de regularizarea săptămânală.



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

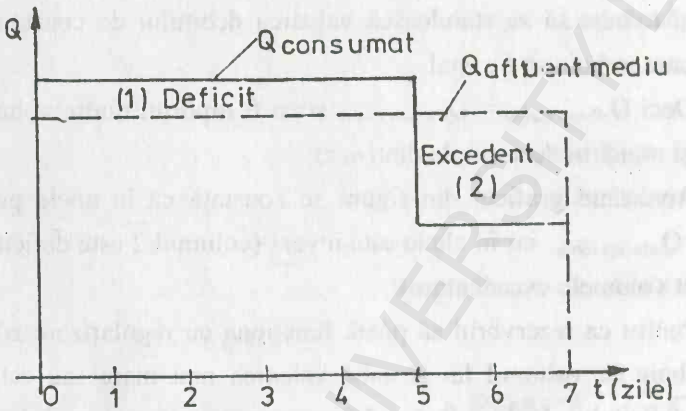



Fig. 8.2. Graficul de afluenţă şi consum în cazul regularizării săptămânale

*c) Regularizarea sezonieră*

Aceasta se mai numeşte şi regularizare neperiodică pe termen scurt şi se întâlneşte în cazul navigaţiei sau plutăritului pe timp de secetă, sau în cazul râurilor mici când volumul de apă reţinut în acumulare este evacuat prin lăsarea periodică a scurgerii libere a apei din acumulare, sau în cazul irigaţiilor din surse de apă foarte mici (pâraie, izvoare, fântâni) când apa în perioadele dintre două udări se acumulează şi se consumă în una sau două zile.

*d) Regularizarea anuală*

Acest tip de regularizare este cel mai des folosit în cazul acumulărilor complexe şi constă dintr-o redistribuire a scurgerii în timpul unui an.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru stabilirea volumului utilizabil la o acumulare cu regularizare anuală trebuie cunoscute afluenţa şi consumul sub formă de tabele sau grafice precum şi cazurile de funcţionare a acumulării: cu o singură fază sau cu mai multe faze (fig. 8.3).

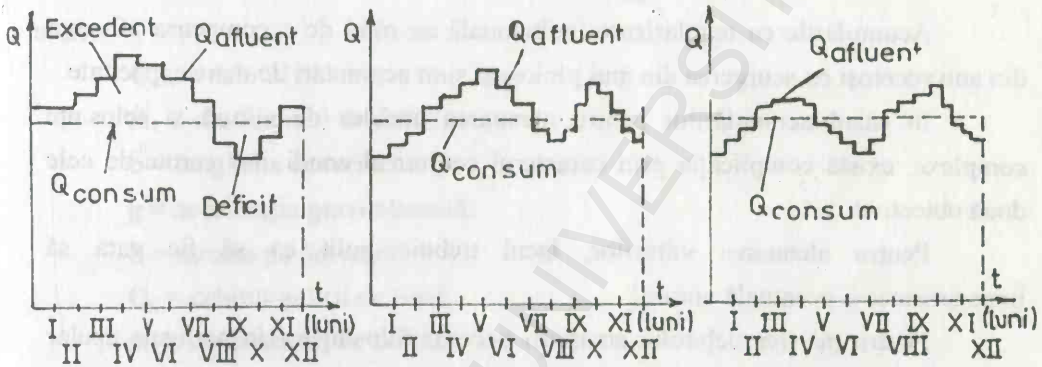



Fig. 8.3. Stabilirea volumului utilizabil la o acumulare cu regularizare anuală; a) funcţionare cu o fază; b) funcţionare cu două faze situaţia a I-a; c) funcţionare cu două faze situaţia a II-a

In cazul unui consum aproximativ constant ($Q_c$) la o funcţionare cu o singură fază, volumul utilizabil al acumulării este egal cu volumul deficitar, iar golirea completă a acumulării are loc la sfârşitul subperioadei de deficit.

In cazul funcţionării cu două faze şi consum aproximativ constant există două situaţii:

- în situaţia a I-a fiecare surplus din subperioadele excedentare este mai mare decât deficitul care-i urmează; în acest caz volumul utilizabil al acumulării este egal cu volumul deficitar cel mai mare, iar momentul golirii acumulării corespunde cu sfârşitul subperioadei care are acest deficit maxim;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- în situaţia a II-a unul din surplusuri este mai mic decât deficitul care-i urmează şi atunci volumul utilizabil al acumulării este egal cu suma celor două deficite minus surplusul intermediar mai mic; volumul utilizabil calculat astfel trebuie să fie mai mare decât deficitul maxim, în caz contrar se ia egal cu acesta.

Acumulările cu regularizare multianuală au rolul de a compensa afluenţa din anii secetoşi cu scurgerea din anii ploioşi şi sunt acumulări de mare capacitate.

In cazul acumulărilor pentru atenuarea undelor de viitură şi folosinţe complexe, există complicaţia prin caracterul contrar al condiţiilor cerute de cele două obiective.

Pentru atenuarea viiturilor, lacul trebuie golit ca să fie gata să înmagazineze o eventuală viitură.

Pentru mărirea debitului scurgerii necesar folosinţelor în perioada apelor mici, se cere ca lacul să fie plin.

Deci, lacul trebuie să fie gata în orice moment să facă faţă viiturilor cât şi perioadelor cu ape mici. Problema s-ar rezolva uşor dacă s-ar putea face prognoza exactă, ceea ce nu-i posibil.

Drept urmare se recurge la două căi:

- se consideră hotărâtor unul dintre cele două obiective, celălalt atingându-se în măsura posibilităţilor;
- când trebuie satisfăcute ambele obiective, volumul de apă se consideră format din două părţi care să funcţioneze separat una de cealaltă, pentru a se rezolva ambele probleme.

**1. Influenţa de atenuare pe care o au acumulările asupra viiturilor**

Se consideră un lac de acumulare al cărui baraj este prevăzut cu instalaţii de deversare şi cu instalaţii de golire de fund (fig. 8.4).

Debitele acestor instalaţii sunt date de relaţiile:

$$Q_{dev} = m_1 b\sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$$

$$Q_g = m_2 \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH}$$

unde:

$Q_{dev}$ = debitul deversat;

$m_1$ = coeficientul de debit;

b = lungimea deversorului;

g = accelerația gravitațională;

h = sarcina pe deversor;

$Q_g$ = debitul golirii de fund;

$m_2$ = coeficientul de debit;

$\omega$ = secțiunea golirii de fund;

H = adâncimea apei măsurată de la nivelul liber al apei, până la axul golirii de fund.

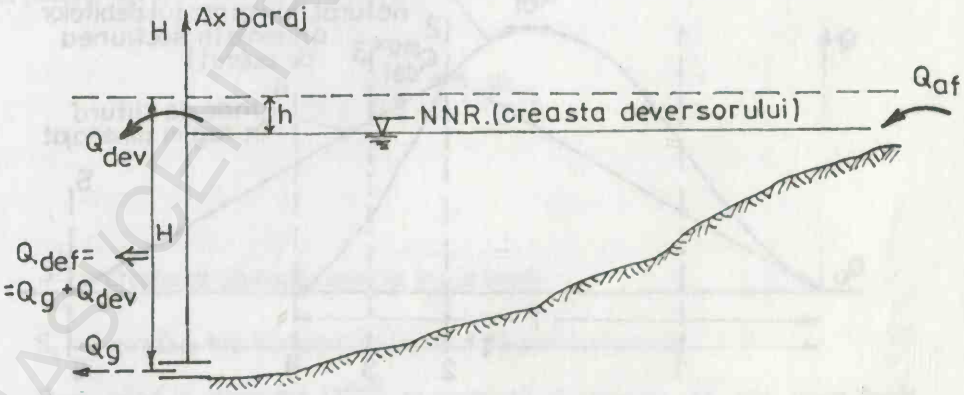



Fig. 8.4. Profil longitudinal prin lacul de acumulare



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Deci, debitul defluent din lac se obţine prin însumarea debitului deversat cu cel al golirii de fund.

$$Q_{def} = Q_{dev} + Q_g$$

In cazul când golirea de fund este închisă, debitul defluent este dat chiar de debitul deversat, deci:

$$Q_{def} = Q_{dev}$$

Pentru explicarea atenuării undei de viitură prin intermediul unui lac de acumulare, este necesară cunoaşterea hidrografului undei de viitură în amplasamentul barajului, adică unda de viitură în regim natural cu probabilitatea de calcul dorită (fig. 8.5.) şi a undei de viitură în regim amenajat.

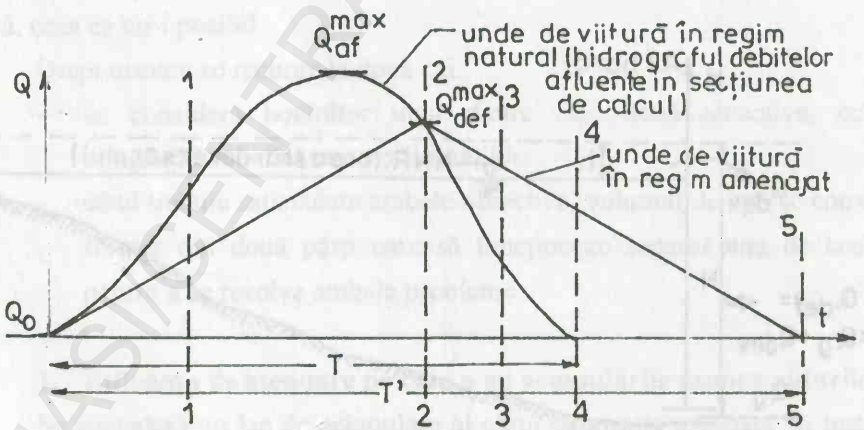



Fig. 8.5. Explicarea atenuării undei de viitură



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Volumele celor două unde de viitură sunt egale, adică dacă aproximăm hidrografele cu nişte triunghiuri putem scrie:

$$\frac{Q_{af}^{max} \cdot T}{2} = \frac{Q_{def}^{max} \cdot T'}{2}$$

Cunoscând hidrograful debitelor afluente cunoaştem $Q_{af}^{max}$ şi T şi impunând $Q_{def}^{max}$ în funcţie de capacitatea de transport a cursului de apă în aval de baraj astfel încât să nu apară inundaţii se determină durata T a hidrografului defluent.

Considerăm că viitură găseşte lacul plin până la creasta deversorului cu instalaţiile de golire de fund închise ($Q_g = 0$), deci $Q_{def} = Q_{dev}$ şi urmărim sensul fizic al procesului privind atenuarea viiturii prin intermediul lacului de acumulare.

In secţiunea (1 - 1) (fig. 8.5) afluenţa este mai mare decât defluenţa din lac şi deci putem scrie:

$$Q_{af} = Q_{dev} + \frac{dh}{dt} S_a$$

unde:

$\frac{dh}{dt}$ = creşterea nivelului apei în lac în timp;

$S_a$ = suprafaţa luciului apei în lac la momentul respectiv.

Deci, până la atingerea $Q_{def}^{max}$ se constată că afluenţa este mai mare decât defluenţa şi drept urmare, nivelul apei în lac creşte şi lacul se umple.



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In momentul când cele două hidrografe se intersectează, deci când se atinge $Q_{def}^{max}$ (secţiunea 2 - 2), se atinge sarcina maximă pe deversor, lacul este plin până la nivelul viiturii de calcul şi anume: $Q_{af} = Q_{dev}$.

Din acest moment afluenţa devine mai mică decât defluenţa şi lacul începe să se golească (secţiunea 3 - 3) şi deci:

$$Q_{af} = Q_{dev} - \frac{dh}{dt} S_a$$

La un moment dat (secţiunea 4 - 4) viitura încetează, adică $Q_{af} = 0$ şi $Q_{dev} > 0$, deci lacul continuă să se golească până când nivelul apei în lac atinge creasta deversorului (secţiunea 5 - 5) când devine nul şi debitul defluent. Deci lacul este gol până la creasta deversorului şi este pregătit pentru a prelua o nouă undă de viitură.

## 2. Condiţii de amplasare a lacurilor de acumulare

La alegerea amplasamentului lacurilor de acumulare trebuie să se ţină seama de următorii factori: hidrometeorologici; topografici; geologici; hidrogeologici şi geotehnici; economici şi sociali şi alţi factori specifici fiecărui amplasament (V. Băloi, 1967).

*a) Factorii hidrometeorologici* prevăd:

- existenţa unui bazin de recepţie aferent amplasamentului suficient de mare, care să permită colectarea unui debit lichid necesar umplerii lacului şi acoperirii pierderilor de apă prin infiltraţie, evaporaţie şi îngheţ;
- existenţa unui debit solid cât mai mic pentru evitarea colmatării rapide a lacului de acumulare;
- dacă este posibil se recomandă ca direcţia văii pe care este amplasat lacul, să fie cât mai apropiată de o perpendiculară pe direcţia vântului



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

dominant; în acest fel se micşorează lungimea luciului de apă pe direcţia de bătaie a vântului şi se obţin valuri mai mici şi pierderile de apă prin evaporaţie sunt mai mici;

- se recomandă ca barajul să fie amplasat imediat aval de o curbură a cuvei lacului pentru solicitări cât mai mici date de valuri (acestea se disting pe versanţii limitrofi) (fig. 8.6)

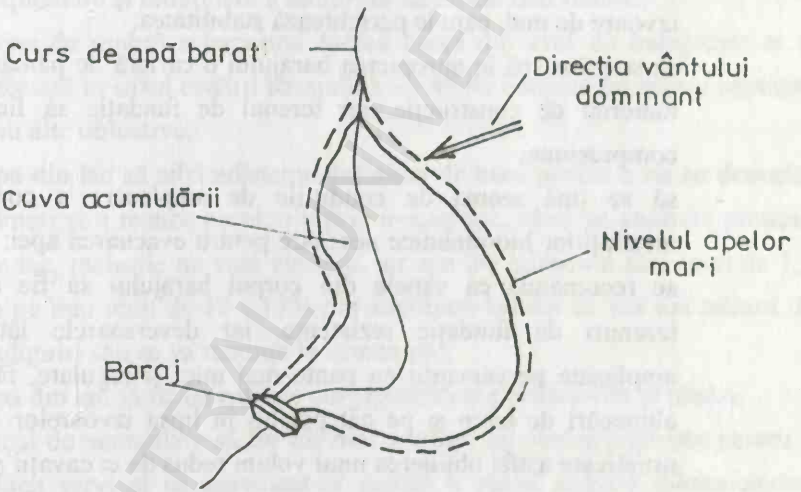



Fig. 8.6. Amplasarea barajului ţinând seama de vânturile dominante din zonă

*b) Factorii topografici* urmăresc ca:

- depresiunea să fie cât mai îngustă în dreptul amplasamentului barajului şi să se lărgească în amonte de baraj pentru a forma o cuvă cât mai încăpătoare;
- pantele talvegului lacului să fie cât mai mici;
- malurile văii să fie cât mai înalte şi abrupte.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

c) *Factorii geologici, hidrogeologici şi geotehnici* prevăd ca:

- rocile să fie puţin permeabile, fără fisuri, crăpături şi goluri, iar stratificaţia lor să fie orizontală;
- pe versanţii limitrofi ai lacului şi chiar pe întregul bazin de recepţie al lacului să fie cât mai reduse procesele de eroziune şi de alunecări de teren;
- pe versanţii limitrofi lacului, dar mai ales în zona barajului să nu fie izvoare de mal, care le periclitează stabilitatea;
- să se găsească în apropierea barajului o carieră de pământuri bune ca material de construcţie, iar terenul de fundaţie să fie rezistent la compresiune;
- să se ţină seama de condiţiile de amplasare a construcţiilor şi instalaţiilor hidrotehnice necesare pentru evacuarea apei; în acest sens se recomandă ca vanele din corpul barajului să fie amplasate pe terenuri de fundaţie rezistente, iar deversoarele laterale să fie amplasate pe versanţii cu pante mai mici şi regulate, fără pericol de alunecări de teren şi pe cât posibil în lipsa izvoarelor de coastă (se urmăreşte astfel obţinerea unui volum redus de excavaţii şi consolidări, obţinerea unui canal de fugă cu un număr redus de căderi şi asigurarea stabilităţii acestui canal).

d) *Factorii economici şi sociali* respectă următoarele condiţii:

- terenurile viitoarei cuve a lacului să fie cu valoare scăzută (mlăştinoase, inundabile, sărăturate sau cu apa freatică la mică adâncime), iar obiectivele din amplasamentul acumulării să fie fără importanţă majoră în vederea efectuării de exproprieri cât mai reduse;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- lacurile de acumulare să fie amplasate cât mai aproape de folosinţele pe care le satisfac şi de obiectivele pe care le apără împotriva inundaţiilor;
- indicele de calitate al acumulării, adică raportul dintre volumul de terasamente din corpul barajului şi volumul de apă din acumulare să fie cât mai mic;
- amplasamentele să fie alese astfel încât măsurile de consolidare, exploatare şi întreţinere a lucrărilor să fie cât mai reduse;
- zona de umbră a barajului (adică lunca din aval de baraj care ar fi afectată în cazul cedării barajului), să nu fie ocupată cu centre populate sau alte obiective;
- apa din lac să aibă adâncimi suficient de mari pentru a nu se dezvolta ţânţari şi a reduce pierderile prin evaporaţie; când pe anumite porţiuni de lac, malurile nu sunt abrupte, iar apa are adâncimi mai mici de 1,5 m pe mai mult de 12 - 15% din suprafaţa lacului se vor lua măsuri de îndiguiri sau se va renunţa la acumulare;
- apa din lac să fie de calitate corespunzătoare pentru vite şi păsări;
- lacul de acumulare să fie cât mai aproape de centre populate pentru a putea servi şi ca agrement şi pentru a putea asigura diluţia apelor menajere în aval.

**3. Curbele caracteristice ale lacurilor şi indicatori tehnici şi economici** (I. Giurma ş.a., 1987; V. Băloi ş.a., 1978)

Principalele curbe caracteristice ale lacurilor de acumulare sunt:

- relaţia dintre suprafaţa luciului de apă a lacului, S ($km^2$) şi nivelul apei în lac, H (m);
- relaţia dintre volumul lacului de acumulare, W ($mil.m^3$) şi nivelul apei în lac , H (m);



BCU IAŞI CENTRALĂ UNIVERSITARĂ LIBRARY

- relaţia dintre volumul de material pus în operă în corpul barajului, V (mii $m^3$) şi nivelul apei în lac, H (m).

Deci, S, W şi V, au o valoare precisă pentru o cotă a nivelului apei în lac. Deoarece, în fazele de studiu ale amplasamentului unui lac se analizează diferitele cote posibile de retenţie, iar în fazele de exploatare a unui lac se urmăreşte tot timpul modul de variaţie a nivelului în lac, cunoaşterea variaţiei acestor elemente este foarte utilă în practică şi drept urmare pentru fiecare lac în parte se construiesc aceste trei curbe caracteristice tehnice.

Când se determină primele două curbe caracteristice tehnice, trebuie să se ţină seama de faptul că luciul apei în lac nu este orizontal ci prezintă un anumit remuu. Calculele de remuu pot fi neglijate la lacurile de adâncimi mari amplasate în zona de munte şi de deal, lucru care nu poate fi făcut la lacurile din zonele de şes amplasate pe râuri mari.

*c) Curba de variaţie a suprafeţei luciului de apă din lac în funcţie de cota nivelului apei*

Această curbă este dată de dependenţa funcţională S = f (H). Suprafeţele luciului de apă din lac corespunzătoare diferitelor cote ale nivelului apei la baraj se determină prin planimetrare pe planurile de situaţie cu curbe de nivel ale amplasamentului lacului în cazul când luciul apei se admite orizontal (fig. 8.7), sau cu ajutorul conturului curbelor suprafeţei libere a apei la diferite niveluri de baraj, curbe obţinute în urma efectuării calculelor de remuu. Prin reprezentarea grafică a perechilor de valori (S, H) într-un sistem rectangular de axe, se obţine curba căutată (fig. 8.8).



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

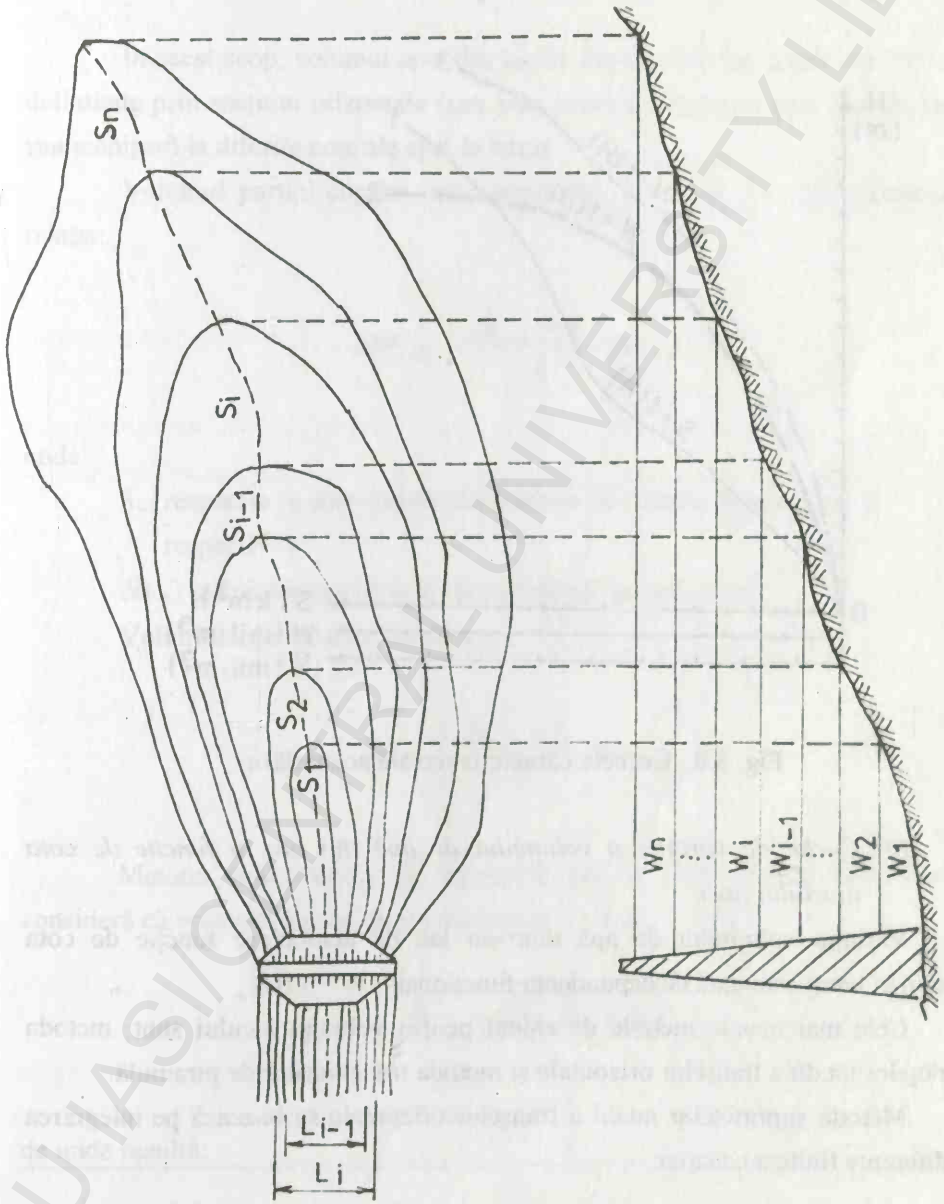



Fig. 8.7. Amplasarea barajului



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

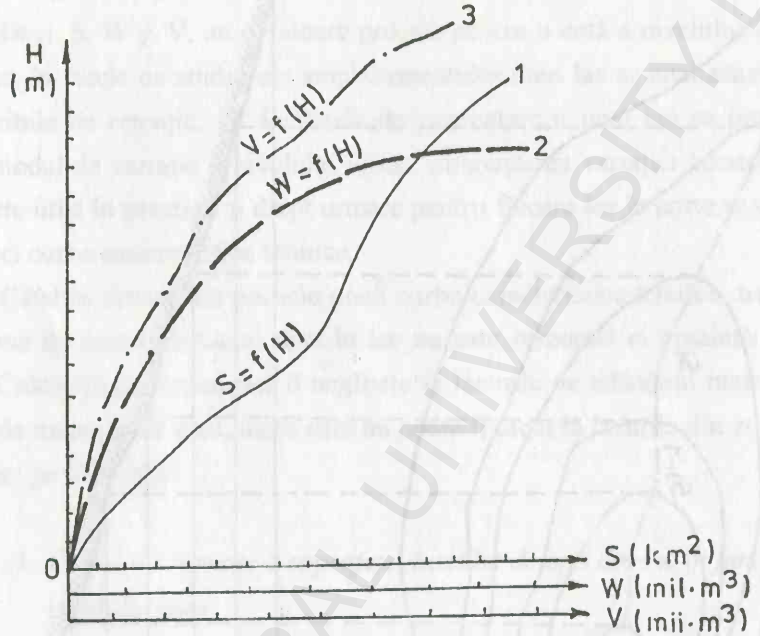



Fig. 8.8. Curbele caracteristice ale acumulării

*b) Curbe de variaţie a volumului de apă din lac în funcţie de cota nivelului apei*

Variaţia volumului de apă dintr-un lac de acumulare funcţie de cota nivelului la baraj este dată de dependenţa funcţională: $W = f(H)$.

Cele mai uzuale metode de calcul pentru volumul lacului sunt: metoda suprafeţelor medii a tranşelor orizontale şi metoda trunchiurilor de piramidă.

Metoda suprafeţelor medii a tranşelor orizontale se bazează pe integrarea prin diferenţe finite a ecuaţiei:

$$W = \int_0^H Sdh$$

In acest scop, volumul apei din lac se împarte într-un număr de "N" tranşe delimitate prin secţiuni orizontale (sau prin curbele suprafeţei apei numite izobate sau izohipse) la diferite cote ale apei la baraj.

Volumul parţial cuprins între secţiunile **i - 1** şi **i** se calculează cu relaţia:

$$\Delta W_{i-1,i} = \frac{S_{i-1} + S_i}{2} \Delta h_{i-1,i}$$

unde:

$S_{i-1}$ respectiv $S_i$ sunt suprafeţele închise de curbele de nivel **i - 1** respectiv **i** ;

$\Delta h_{i-1,i}$ este diferenţa de cote între două curbe succesive.

Volumul total este dat de relaţia:

$$W = \sum_{i=1}^{N} \frac{S_{i-1} + S_i}{2} \Delta h_{i-1,i}$$

Metoda trunchiurilor de piramidă are la bază acelaşi principiu, dar consideră că volumul parţial dintre secţiunile **i - 1** şi **i** este:

$$\Delta W_{i-1,i} = \frac{\left(S_{i-1} + \sqrt{S_{i-1}S_i} + S_i\right)}{3} \Delta h_{i-1,i}$$

de unde rezultă:



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$W = \sum_{i=1}^{N} \Delta W_{i-1,i}$$

în urma calculelor efectuate prin una din aceste metode, se reprezintă grafic perechile de valori (W, H) într-un sistem rectangular de axe şi se obţine curba căutată.

*c) Curba de variaţie a volumului de material pus în operă în corpul barajului în funcţie de înălţimea barajului*

Pentru exemplificare considerăm că avem un baraj de pământ cu secţiunea transversală trapezoidală. Secţiunea trapezoidală poate fi simplă sau compusă.

Lăţimea la coronament (b), se stabileşte în funcţie de înălţimea barajului şi de condiţiile de exploatare şi execuţie, ea fiind impusă de categoria drumului proiectat atunci când barajul este circulabil.

Lăţimea la coronament se poate determina cu o serie de formule aproximative, printre care amintim formula lui E.F. Preece după care:

$$b = 1{,}1\sqrt{H} + 1$$

sau formula

$$b = 1{,}65\sqrt{H}$$

unde:

H = înălţimea barajului

Pentru asigurarea scurgerii apelor meteorice şi pentru a evita infiltrarea acestora prin corpul barajelor, coronamentul unui baraj este prevăzut cu un bombament calculat în funcţie de tasările care urmează să aibă loc.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pantele taluzelor se stabilesc în funcţie de natura terenului de fundaţie, de caracteristicile pământurilor folosite la execuţie şi de înălţimea barajelor şi pentru acelaşi taluz ele pot fi continue sau variabile. Valorile acestor pante pot fi stabilite orientativ cu ajutorul tabelului 8.1.

Tabelul 8.1.

Pantele taluzelor la barajele de pământ

| $H_{baraj}$ (m) | $H_{baraj} \leq 5$ m | | 5 m < $H_{baraj} \leq 15$ m | | 15 m < $H_{baraj} \leq 25$ m | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Natura pământului | Argilos | Nisipos | Argilos | Nisipos | Argilos | Nisipos |
| Panta taluz amonte | 1 : 2,5 | 1 : 3,0 | 1 : 3,0 | 1 : 3,0 | 1 : 3,0 | 1 : 3,5 |
| Pantă pentru taluzul aval prevăzut cu dren | 1 : 2,0 | 1 : 2,0 | 1 : 2,0 | 1 : 2,5 | 1 : 2,5 | 1 : 3,0 |
| Pantă pentru taluzul aval fără dren | 1 : 2,0 | 1 : 2,0 | 1 : 2,5 | 1 : 2,5 | 1 : 3,0 | 1 : 3,5 |

Taluzurile barajelor de pământ pot fi întrerupte prin banchete sau berme a căror lăţime va fi de 1,00 - 2,00 m când acestea au rolul de a asigura accesul pentru inspecţia şi controlul stării barajului; pe taluzul amonte banchetele şi bermele sunt orizontale şi au ca scop principal sprijinirea protecţiei taluzului; pe taluzul aval se utilizează mai ales bermele a căror lăţime poate creşte dacă acestea sunt circulabile.

Curba variaţiei volumului de construcţie în funcţie de înălţimea barajului, $V = f(H)$, se întocmeşte după ce s-a stabilit orientativ secţiunea transversală a barajului. Calculul volumelor de construcţie se face folosind profilul transversal prin albie (fig. 8.9) şi longitudinal al barajului (fig. 8.10).



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

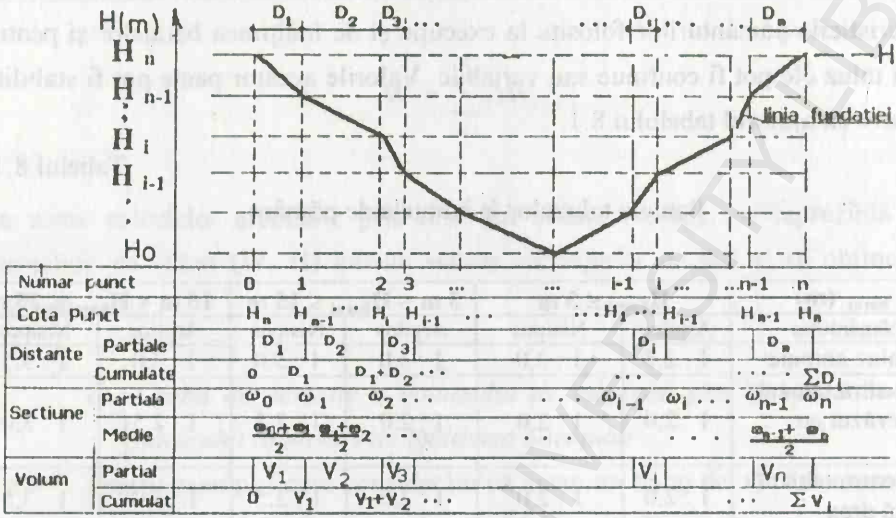



Fig. 8.9. Profilul transversal prin albie în amplasamentul barajului

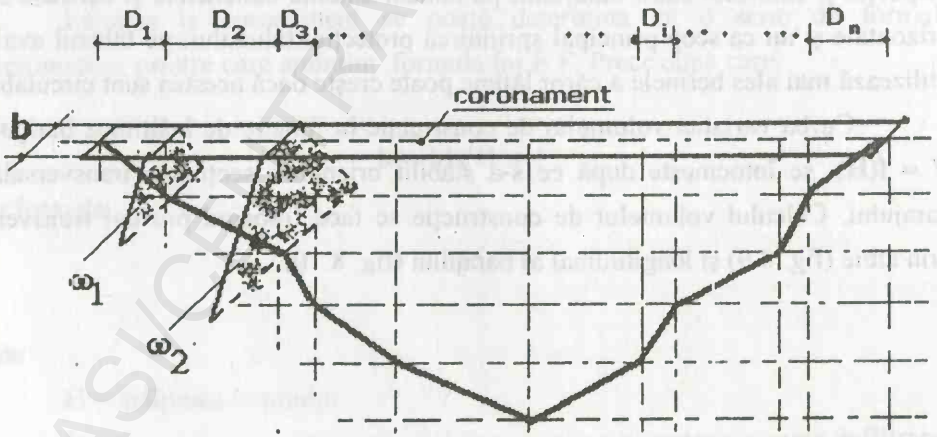



Fig. 8.10. Profilul longitudinal prin baraj



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din acest profil rezultă înălţimile de baraj $H_I$, $H_{II}$, ... $H_N$ la schimbările importante ale pantelor malurilor, înălţimi delimitate prin planuri orizontale.

Pentru fiecare înălţime: $H_I$, $H_{II}$, ... $H_N$ se stabilesc: b; $1/m_1$; $1/m_2$, secţiunile parţiale, secţiunile medii, volumele parţiale şi volumele cumulate.

Exemplu pentru o înălţime oarecare $H_I$ se duce un plan orizontal în profilul transversal prin albie, care corespunde cu coronamentul unui baraj de înălţime $H_I$. Se calculează b şi se stabilesc pantele taluzelor $1/m_1$ şi $1/m_2$.

Se duc verticalele în diferite puncte (de obicei la schimbările de pante) şi rezultă înălţimile $H_0$, $H_1$, $H_2$, ... $H_{i-1}$, $H_i$, ... $H_{n-1}$, $H_n$.

Din profil rezultă distanţele parţiale $D_1$, $D_2$, ..., $D_i$, ... $D_n$. Se stabilesc secţiunile parţiale $\omega_0$, $\omega_1$, $\omega_2$, ... $\omega_{i-1}$, $\omega_i$, ... $\omega_{n-1}$, $\omega_n$ (la aceste secţiuni se menţine acelaşi b şi aceleaşi înclinări ale taluzelor, dar variază înălţimile, adică $H_o$, $H_1$, ..., $H_i$, ..., $H_n$) şi secţiunile medii, adică: $\frac{\omega_0 + \omega_1}{2}$, $\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ etc. .

In continuare se calculează volumele parţiale şi cumulate. Rezultă în final $V_{H_I}$ .

$$V_{H_I} = \frac{\omega_0 + \omega_1}{2} D_1 + \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} D_2 + ... + \frac{\omega_{i-1} + \omega_i}{2} D_i + ... + \frac{\omega_{n-1} + \omega_n}{2} D_n$$

Se procedează identic pentru alte înălţimi $H_{II}$, $H_{III}$, ... $H_N$.

Se obţin perechile de valori ($H_I$; $V_{HI}$); ($H_{II}$; $V_{HII}$); ... ($H_N$; $V_{HN}$) care se reprezintă grafic într-un sistem rectangular de axe şi se obţine curba $V = f(H)$.

Principalii indicatori tehnici şi economici ai lacurilor sunt:

- costul terasamentului din corpul barajului;
- investiţia totală a amenajării;
- investiţia specifică a acumulării;
- indicele de calitate al acumulării.

*d) Curba de variaţie a costului terasamentului din corpul barajului în funcţie de înălţimea $I_{bj} = f(H)$*



BCU IAŞI - CENTRALA UNIVERSITARĂ LIBRARY

Pentru trasarea acestei curbe se recomandă formula:

$$I_{bj} = i_0 \cdot K_v \cdot K_H \cdot V_{bj}$$

unde:

$i_0$ = costul unui $m^3$ de material pus în operă (indice de bază);

$K_v$ = indice de volum dat de relația: $K_v = a \cdot V_{bj}^b$;

a, b = indici de corecție; pentru barajele de pământ a = 1,45, iar b = -0,06;

$K_H$ = indice de înălțime dat de relația: $K_H = 0,55 + 0,15 \ln H$

Dând diferite valori $H_1, H_2, ..., H_n$, rezultă $I_{b1}, I_{b2}, ..., I_{bn}$.

Reprezentând grafic perechile de valori $(H_1, I_{b1})$; $(H_2, I_{b2})$, ... $(H_n, I_{bn})$ se obține curba $I_{bj} = f(H)$ (fig. 8.11).

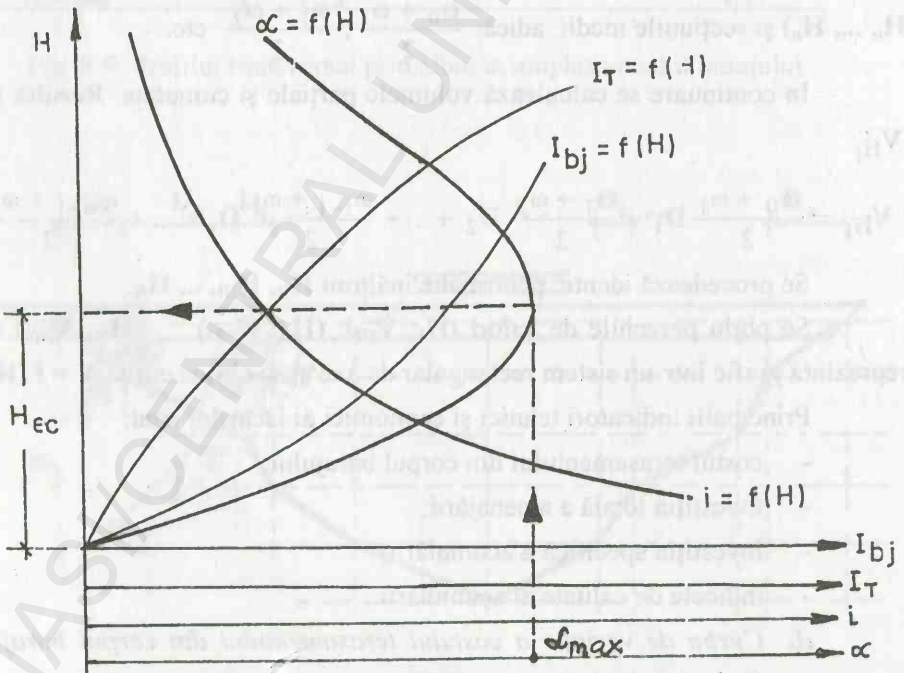



Fig. 8.11. Curbele economice ale lacurilor de acumulare



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

*e) Curba de variaţie a investiţiei totale a amenajării hidrotehnice în funcţie de înălţime $I_T = f(H)$*

Investiţia totală se poate obţine cu relaţia:

$$I_T = I_{bj} + I_{descărcători} + I_{cuvă} + I_{bunuri\ afectate}$$

Elementele care trebuie însumate se pot obţine aproximativ astfel: $I_{bj}$ rezultă din curba $I_{bj} = f(H)$ trasată anterior; $I_{descărcători} = 20.000\ Q_{max}$ (stabilită pe baza experienţei acumulate în cazul amenajărilor cu baraje de pământ prevăzute cu goliri de fund şi descărcători de ape mari)

$Q_{max} = (0,5 - 0,7)\ Q_{max\ p\%}$, unde $Q_{max\ p\%}$ este debitul maxim cu probabilitatea de calcul stabilit prin calcule:

$$I_{cuvă} + I_{bunuri\ afect...e} = i_1 \cdot S_{luciu\ apă}$$

unde:

$S_{luciu\ apă}$ este suprafaţa luciului apei, iar

$i_1$ (lei/ha) investiţia specifică, adică costul unui hectar de teren scos din circuit şi inundat cu apă; $i_1$ este în funcţie de importanţa bunurilor afectate şi de valoarea terenului scos din circuit.

*f) Curba investiţiei specifice globale a acumulării în funcţie de înălţime $i = f(H)$*

Investiţia specifică este dată de raportul $i = \frac{I_T}{W}$ (lei/m$^3$) şi se stabileşte din curbele $I_T = f(H)$ şi $W = f(H)$ pentru diferite valori ale lui H.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

*g) Curba indicelui de calitate al acumulării* $\alpha = f(H)$

Acest indice se obţine făcând raportul $\alpha = \frac{W}{V_b}$. folosind curbele: $W = f(H)$ şi $V_{bj} = f(H)$.

Pentru $\alpha_{maxim}$ rezultă înălţimea economică a barajului $H_{ec}$, adică înălţimea barajului pentru care cu un $m^3$ de material pus în operă în corpul barajului se reţin cei mai mulţi $m^3$ de apă în lac.

*h) Curba inversului indicelui de calitate al acumulării.* $\frac{1}{\alpha} = \frac{V_{bj}}{W}$

Uneori în practică se foloseşte acest indice în loc de indicele $\alpha$.

Alţi indicatori tehnici şi economici pot fi consideraţi următorii:

*i) Coeficientul de acumulare* $\beta$ care reprezintă ur indicator sintetic al tipului de regularizare a debitelor realizat prin intermediul lacului de acumulare şi este dat de relaţia:

$$\beta = \frac{W_u}{W}$$

unde:

$W_u$ = volumul util al lacului de acumulare;

$W$ = volumul mediu anual afluent în secţiunea de calcul.

Caracterizarea orientativă a tipului de regularizare după acest indice se poate face cu ajutorul datelor din tabelul 8.2. (A. Filoti, 1971), unde valorile mai mici sunt valabile pentru cursurile de apă cu caracter torenţial iar valorile mai mari pentru cursurile mari de apă.



BCU ASCENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul 8.2

Tipul de regularizare realizat de un lac de acumulare în funcţie de coeficientul de acumulare

| Tipul de regularizare | Coeficientul de acumulare | |
|---|---|---|
| | minim | maxim |
| orară - zilnică | 0 | 0,0006 ... 0,001 |
| săptămânală | 0,0006 ... 0,001 | 0,003 ... 0,006 |
| sezonieră | 0,003 ... 0,006 | 0,05 ... 0,10 |
| anuală | 0,05 ... 0,10 | 0,25 ... 0,35 |
| multianuală | 0,25 ... 0,35 | 1,00 ... 5,00 |

*j) Coeficientul de acumulare al undelor de viitură*, care este dat de raportul

$$\beta_v = \frac{W_{pr} + W_{at}}{W_v}$$

unde:

$W_{pr}$ = volumul de protecţie (volumul de atenuare sub creasta deversorului);

$W_{at}$ = volumul de atenuare peste creasta deversorului;

$W_v$ = volumul undei de viitură.

*k) Gradul de atenuare al undelor de viitură* care se defineşte prin raportul: $\beta = \frac{Q_{max_d}}{Q_{max_a}}$

unde:

$Q_{max\ a}$ este debitul maxim afluent în secţiunea de calcul;

$Q_{max\ d}$ este debitul maxim defluent din aceeaşi secţiune.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

l) *Indici care arată implicațiile din cuva lacului de acumulare* cum ar fi: raportul dintre suprafața scoasă din circuitul productiv și volumul util al lacului (ha/m$^3$); raportul dintre numărul de locuitori strămutați din cuva lacului și suma volumelor (util, de producție și de atenuare) lacului de acumulare (loc /m$^3$).

m) *Indici economici* care pot fi: costuri specifice și indici structurali ai costurilor.

Costurile specifice reprezintă rapoarte dintre unele elemente ale costurilor lacurilor și volumele acumulărilor; aici se întâlnește cel mai des, investiția specifică care poate fi:

- investiția specifică globală a acumulării dată de relația:

$$i_g = \frac{I}{W_u + W_{pr} + W_{at}}$$

- investiția specifică a volumului pentru folosințe:

$$i_f = \frac{I_f}{W_u};$$

- investiția specifică a volumului de combatere a inundațiilor:

$$i_V = \frac{I_v}{W_{pr} + W_{at}}$$

în care:

I = investiția totală a acumulărilor;

$I_f$ = cota parte din investiția totală, aferentă folosințelor;



BCU IAȘI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$I_v$ = cota parte din investiţia totală, aferentă combaterii inundaţiilor;

$W_u$, $W_{pr}$, $W_{at}$ = volumul util, de protecţie şi de atenuare.

Indicii structurali ai costurilor reprezintă rapoarte dintre costurile aferente unei anumite părţi din amenajare şi costurile totale necesare realizării acumulării (exemplu: raportul dintre investiţiile aferente amenajării cuvetei lacului şi investiţiile totale ale acumulării).

## 4. Volumele caracteristice ale lacurilor

Pentru lacurile de acumulare amplasate în zona montană, în general se disting următoarele volume caracteristice, delimitate de o serie de niveluri caracteristice (Teodorescu I., Filotti A. ş.a., 1973; Breabăn V., 1997) (fig. 8.12):

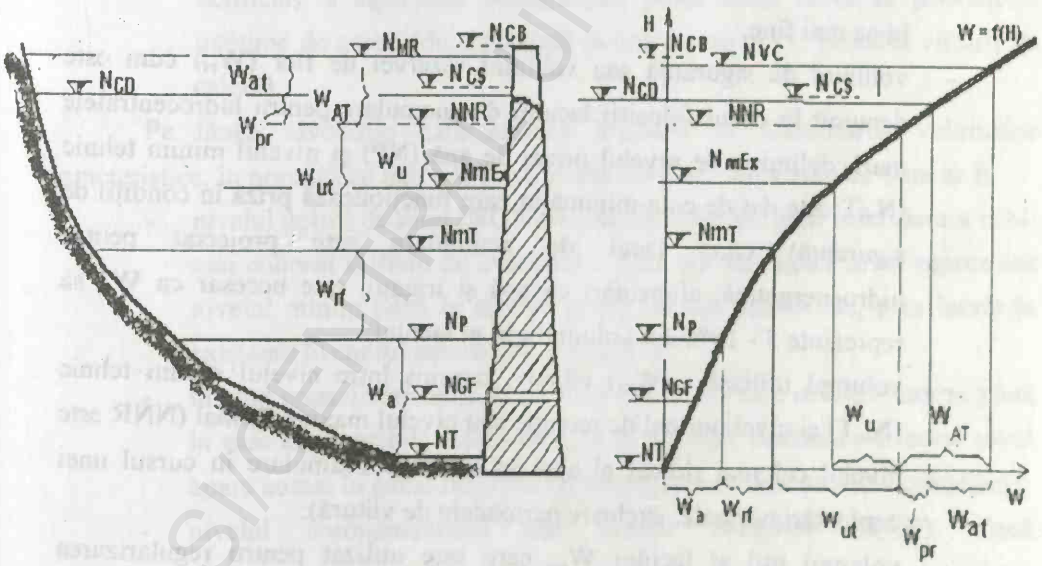



Fig. 8.12. Volumele caracteristice delimitate prin niveluri caracteristice în lacurile de acumulare amplasate în zone montane



BCU IASI CENTRU UNIVERSITAR LIBRARY

- volumul de aluviuni ($W_a$) care urmează să se depună în lacul de acumulare până la sfârşitul perioadei de funcţionare, numit impropriu şi volum mort (volum nefolosit), volum delimitat de cota (nivelul) talvegului (NT este dat de cota terenului cea mai redusă din cuva lacului de acumulare) şi nivelul prizei de apă (NP este nivelul de la marginea inferioară a conductelor prin care se prelevă apa din acumulare pentru folosinţe, deci acest nivel corespunde cotei minime până la care poate fi coborâtă apa în lacul de acumulare astfel încât volumele de apă captate să mai poate fi utilizate); trebuie remarcat faptul că această delimitare este improprie, deoarece aluviunile se depun în lac pe întreaga suprafaţă a cuvei lacului, cele grosiere la intrarea în lac şi cu cât ne apropiem de baraj se depun aluviuni din ce în ce mai fine;
- volumul de siguranţă sau volumul rezervei de fier ($W_{rf}$) cum este denumit în cazul folosirii lacului de acumulare pentru hidrocentralele mari, delimitat de nivelul prizei de apă (NP) şi nivelul minim tehnic ($N_mT$ este dat de cota minimă la care funcţionează priza în condiţii de siguranţă) când lacul de acumulare este proiectat pentru hidroenergetică, alimentări cu apă şi irigaţii, este necesar ca $W_{rf}$ să reprezinte 5 - 10% din volumul util al lacului;
- volumul utilizabil ($W_{ut}$) efectiv, cuprins între nivelul minim tehnic ($N_mT$) şi nivel normal de retenţie sau nivelul maxim normal (NNR este nivelul cel mai ridicat al apei în lacul de acumulare în cursul unei exploatări normale, exclusiv perioadele de viitură);
- volumul util al lacului $W_u$, care este utilizat pentru regularizarea energetică a debitelor cuprins între nivelul minim energetic de exploatare ($N_{mEx}$ este nivelul minim de exploatare hidroenergetică normală a lacului) şi NNR;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- volumul de atenuare a viiturilor; $W_{AT} = W_{pr} + W_{at}$; $W_{pr}$ este volumul de atenuare sub cresta deversorului numit şi volum de protecţie şi este delimitat de NNR şi nivelul crestei deversorului (NCD reprezintă cota cea mai coborâtă la care este posibilă evacuarea unor debite prin descărcărorul de suprafaţă al acumulării; la unele acumulări NNR = NCD şi atunci ele funcţionează numai cu $W_{at}$; $W_{at}$ este volumul de atenuare propriu - zis sau volumul de atenuare peste creasta deversorului şi este delimitat de NCD şi nivelul maxim de retenţie (NMR este nivelul maxim extraordinar, adică nivelul cel mai ridicat la care poate ajunge apa în perioadele de ape mari); în general se indică nivelul maxim al apelor cu probabilitatea de dimensionare şi de verificare a siguranţei construcţiei; peste acest nivel se prevede o înălţime de gardă (de siguranţă) şi este numit NVC (nivelul viiturii de calcul).

Pe lângă nivelurile caracteristice amintite la delimitarea volumelor caracteristice, în practică se mai întâlnesc şi alte niveluri caracteristice cum ar fi:

- nivelul golirii de fund (NGF este dat de cota marginii inferioare a celui mai coborât orificiu de evacuare a apei din lac; acest nivel reprezintă nivelul minim până la care se poate coborâ apa în lac, prin lucrările existente în cadrul amenajării respective;
- nivelul crestei stavilelor de pe deversor NCS este nivelul maxim până la care este posibilă reţinerea apei în lac fără deversare şi acest nivel apare numai în cazul lacurilor de acumulare cu descărcători controlaţi);
- nivelul coronamentului sau crestei barajului (NCB); dacă coronamentul barajului nu este orizontal, atunci se ia în considerare cota cea mai coborâtă a coronamentului.

In practică se mai folosesc şi o serie de combinaţii între volumele caracteristice amintite anterior şi anume:

- volumul util total ($W_{UT}$ este format din volumul util al lacului şi volumul de atenuare);

$$W_{UT} = W_U + W_{AT}$$

- volumul total al lacului ($W_T$ este volumul corespunzător NNR);

$$W_T = W_a + W_{rf} + W_{ut}$$

- volumul maxim ($W_{max}$ este volumul corespunzător nivelului maxim de retenţie);

$$W_{max} = W_T + W_{AT}$$

Având la bază aceste volume caracteristice ale lacurilor de acumulare se definesc o serie de indici caracteristici ai lacurilor şi anume:

- indicele de acumulare anuală: $i_{aa} = \frac{W_u}{W_{af}}$; unde $W_{af}$ este volumul afluent mediu anual în lac;
- indicele util al perioadei de golire, $i_{ug} = \frac{W_u}{W_g}$; unde $W_g$ este volumul mediu afluent în perioada de golire;
- indicele util al perioadei de umplere; $i_{uu} = \frac{W_u}{W_{um}}$; unde $W_{um}$ este volumul mediu afluent în perioada de umplere a lacului.

Pentru caracterizarea funcţională a acestor tipuri de lacuri de acumulare este necesară definirea unor parametrii cum ar fi debitele caracteristice. La



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

determinarea acestor debite este necesară cunoaşterea unor curbe caracteristice ale debitelor evacuate de diferite descărcătoare în funcţie de nivelul apei în lac. De obicei aceste curbe se construiesc în ipoteza în care toate vanele şi stavilele sunt deschise. Pe aceste curbe se nominalizează debitele caracteristice cum ar fi: debitele maxime capabile ale deversorului şi ale golirii de fund care reprezintă debitele evacuate dacă nivelul apei atinge cota coronamentului barajului. Aceste debite se iau în considerare la determinarea condiţiilor de rupere ale barajelor şi la studierea efectelor din aval în eventualitatea unor ruperi.

Pentru lacurile de acumulare amplasate în zone colinare şi care nu au rol hidroenergetic în general se disting următoarele volume caracteristice, delimitate de o serie de niveluri caracteristice (V. Băloi ş.a., 1978, 1980) (fig. 8.13):

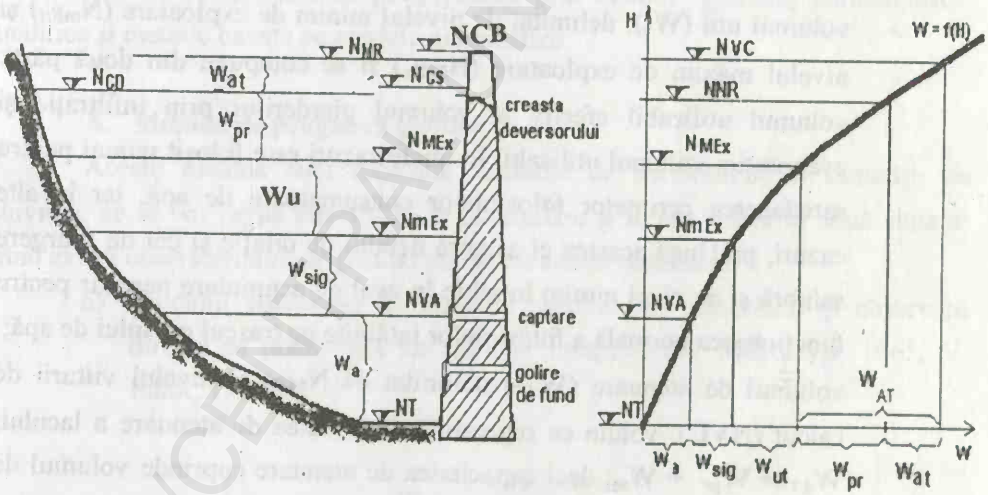



Fig. 8.13. Volumele caracteristice delimitate prin nivelul caracteristic în lacurile de acumulare amplasate în zone colinare

- volumul de aluviuni ($W_a$), delimitat de nivelul talvegului (NT) şi NVA (nivelul volumului de aluviuni); acest volum este dat de capacitatea rezervată în lacul de acumulare în vederea sedimentării aluviunilor pe întreaga perioadă de funcţionare a lor şi pentru satisfacerea cerinţelor sanitare; acest volum asigură un volum minim cerut de folosinţă, fără ca apa sub acest nivel să fie captată pentru consum; el este un volum intangibil şi de aceea se numeşte impropriu volum mort;
- volumul de siguranţă ($W_{sig}$) delimitat de NVA şi volumul minim de exploatare ($N_{mEx}$); când lacul de acumulare este proiectat în scopul alimentării cu apă a centrelor populate agricole, acest volum poate atinge 30 - 40 % din volumul util;
- volumul util ($W_u$), delimitat de nivelul minim de exploatare ($N_{mEx}$) şi nivelul maxim de exploatare ($N_{MEx}$) şi se compune din două părţi: volumul utilizabil efectiv şi volumul pierderilor prin infiltraţie şi evaporaţie; volumul utilizabil în unele cazuri este folosit numai pentru satisfacerea cerinţelor folosinţelor consumatoare de apă, iar în alte cazuri, pe lângă acestea el asigură debitul de diluţie şi cel de scurgere salubră şi cu nivel minim în albie în aval de acumulare necesar pentru funcţionarea normală a folosinţelor întâlnite pe traseul cursului de apă;
- volumul de atenuare ($W_{AT}$) delimitat de $N_{MEx}$ şi nivelul viiturii de calcul (NVC), volum ce reprezintă capacitatea de atenuare a lacului; $W_{AT} = W_{pr} + W_{at}$; deci capacitatea de atenuare cuprinde volumul de protecţie ($W_{pr}$) delimitat de $N_{MEx}$ şi NNR care de obicei coincide cu creasta deversorului şi volumul de atenuare propriu - zis ($W_{at}$) delimitat de NNR şi NVC, numit volum de atenuare peste creasta deversorului; existenţa lui $W_{pr}$ şi a lui $W_{at}$ depinde de condiţiile locale referitoare la înălţimea barajului şi de cerinţele cu privire la valoarea maximă a debitului defluent din lac.



BCU IASI CENTRALA UNIVERSITARA

Deoarece, în practică cele mai răspândite lacuri de acumulare sunt cele din zona colinară realizate de obicei prin baraje de pământ sau materiale locale, care au ca scopuri principale: atenuarea undelor de viitură pentru apărarea împotriva inundațiilor a obiectivelor importante din aval aflate de obicei în apropierea lor şi satisfacerea cerințelor de apă ale folosințelor din apropiere, în continuare urmărim calculul volumelor caracteristice pentru aceste tipuri de lacuri de acumulare.

### *I. Calculul volumului de aluviuni ($W_a$)*

Acest volum reprezintă capacitatea rezervată în lacurile de acumulare pentru depunerea aluviunilor până la sfârşitul perioadei de funcționare şi drept urmare este un volum care se prognozează prin metode: globale, semiempirice, analitice şi metode bazate pe modele matematice.

#### A. Metode de prognoză globale

Aceste metode sunt mijloace distincte de determinare a cantității de aluviuni, ce se vor reține într-un lac de acumulare şi se pot aplica în două situații: când există observații directe şi când nu există aceste observații.

a) Calculul volumului de aluviuni când există măsurători şi observații directe se poate face cu ajutorul relațiilor (N. Mantz ş.a. 1965, V. Băloi, 1967):

$$W_M = g\frac{G}{\gamma}T$$

$$W_a = \frac{\rho \cdot V_0 \cdot T}{1000 \cdot \gamma_a}g$$

- G = greutatea totală a aluviunilor transportate de râul barat, în timpul unui an (t/an);
- $\gamma$ = greutatea volumică a stratului aluvionar depus (t/mc);



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- $W_M$, $W_n$ = volumul de aluviuni spre sfârşitul perioadei de funcţionare a lacului (mc);
- $\rho$ = turbiditatea medie anuală (g/mc);
- $V_0$ = volumul scurgerii anuale normale (mc);
- T = durata de funcţionare a lacului (ani);
- $\gamma_a$ = greutatea volumică a aluviunilor (kg/mc);
- g = coeficientul de corecţie, adică fracţiunea din volumul scurgerii solide anuale, care rămâne în lac.

G se determină pe bază de observaţii efectuate, la diferite niveluri şi în diferite perioade de timp ale anului, observaţii organizate pe cât posibil în apropierea locului de construcţie a barajului. Pentru calculul scurgerii solide ar fi necesar deci, să se dispună de un şir de înregistrări asupra regimului aluviunilor, similar cu înregistrările de debite lichide. In realitate însă, acolo unde există aceste măsurători nu se referă decât la debitele solide în suspensie, posibilităţile de măsurare a debitelor solide nefiind suficient de exacte. Astfel, ca date de bază pentru debitele solide, se pot utiliza rezultatele măsurătorilor de debite solide în suspensie. Acestea pot fi prezentate fie numai ca valori globale, fie sub formă de corelaţii între debitul solid în suspensie $Q_s$ şi cel lichid Q, de forma $Q_s = f(Q)$. Debitele târâte se determină fie prin aprecierea lor la un anumit procentaj din debitul solid în suspensie (cca 15%), fie pe baza unor relaţii teoretice; dintre relaţiile de acest tip se pot cita cele stabilite de Meyer P. şi Muller R. şi cea propusă de Einstein H.A. în care se introduc parametri, curba granulometrică a materialului constructiv al fundului şi debitului lichid (citat de A. Filotti ş.a., 1967).

In cazul lacurilor de acumulare adânci, obţinute prin bararea totală a albiei majore a cursului de apă, în primii ani g are o valoare 0,9 - 0,95, iar ulterior mai mică. In cazul lacurilor mici şi puţin adânci, când nu este barată întreaga albie majoră, g are valori cuprinse între 0,2 - 0,6 iar în cazul lacurilor executate în

depresiuni pe derivaţii din cursul principal g este cuprins între 0,1 - 0,2 (V. Băloi, 1967).

Unii cercetători au constatat că, procentajul reţinut din aluviunile care intră în lac este funcţie de coeficientul de acumulare. In cazul unui lac mic, ce se află pe un curs de apă important, curentul traversează lacul suficient de repede, astfel că aluviunile fine nu se depun ci sunt evacuate în aval. Din contra, un lac mare reţine practic toate aluviunile afluente, când viitura este reţinută total în lac.

Cota parte din afluxul de aluviuni ce sunt reţinute în lac, este exprimată cu ajutorul unui indicator numit: gradul de reţinere a aluviunilor ($g_1$).

Acest indicator este definit ca raportul dintre aluviunile depuse în lac $W_r$ şi afluxul de aluviuni $W_s$ (G.M. Brune, 1953):

$$g_1 = \frac{W_r}{W_s}$$

In fig. 8.14 se prezintă corelaţia dintre procentul de aluviuni reţinute şi coeficientul de acumulare determinată, pe baza observaţiilor efectuate la peste 40 de lacuri de acumulare din SUA, valorile fiind completate cu date obţinute asupra colmatării lacurilor din alte ţări.

Această diagramă poate fi utilizată pentru dimensionarea părţii din volumul lacului care, trebuie prevăzută pentru reţinerea aluviunilor, în momentul proiectării lacului. Pe parcursul exploatării, ea se corectează pe baza determinărilor efectuate chiar în amplasamentul lacului.

Unii autori preferă să exprime aceeaşi noţiune $g_1$ prin gradul de tranzitare $g_t$, definit ca raportul dintre volumul aluviunilor tranzitate spre aval $W_t$ şi volumul aluviunilor afluente $W_a$:



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

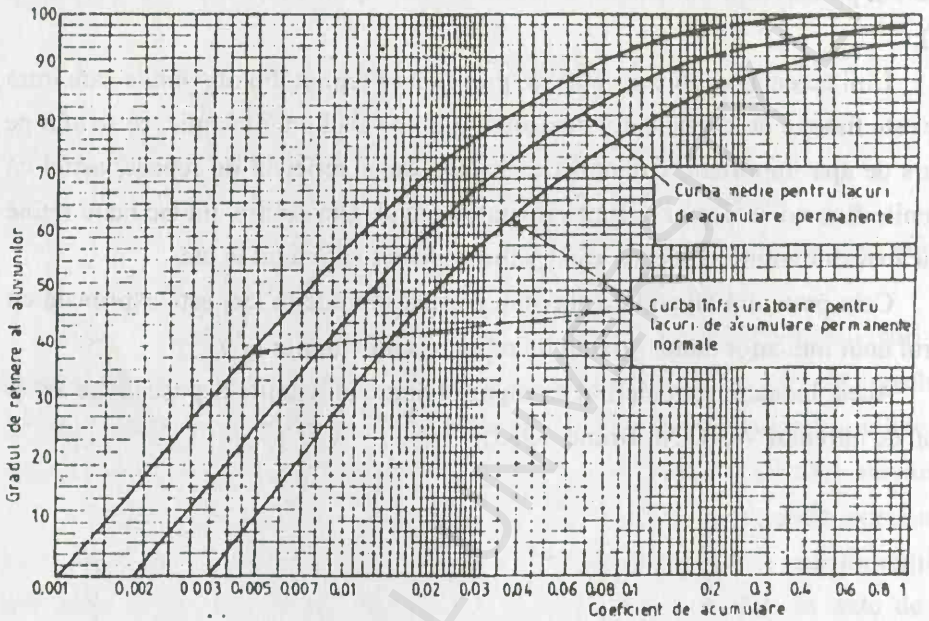



Fig. 8.14. Diagrama de corelație între gradul de reținere a aluviunilor și coeficientul de acumulare

$$g_t = \frac{W_t}{W_a} = 1 - g_t$$

Pe baza observațiilor asupra colmatării unor lacuri din SUA, a fost corelat gradul de tranziție al aluviunilor cu indicele de aluvionare a lacului dat de relația:

$$J_s = \frac{T_r}{V_m}$$



BCU IAȘI CENTRAL LIBRARY

unde :

- $T_r$ = durata de reţinere a afluxurilor în lac (în secunde), definită ca raportul dintre volumul lacului (mc) şi debitul mediu afluent (mc/s);
- $V_m$ = viteza medie a apei în lac (mc/s), raportul dintre debitul afluent (mc/s) şi secţiunea transversală medie a lacului (mp); secţiunea transversală medie se obţine prin împărţirea volumului lacului la lungimea acestuia (m).

In fig. 8.15 se prezintă corelaţia stabilită într-o formă modificată, astfel încât să exprime gradul de reţinere al aluviunilor ($g_t = f(J_s)$) (M.A. Churchill, 1948, citat de C.P. Benedict, 1973)

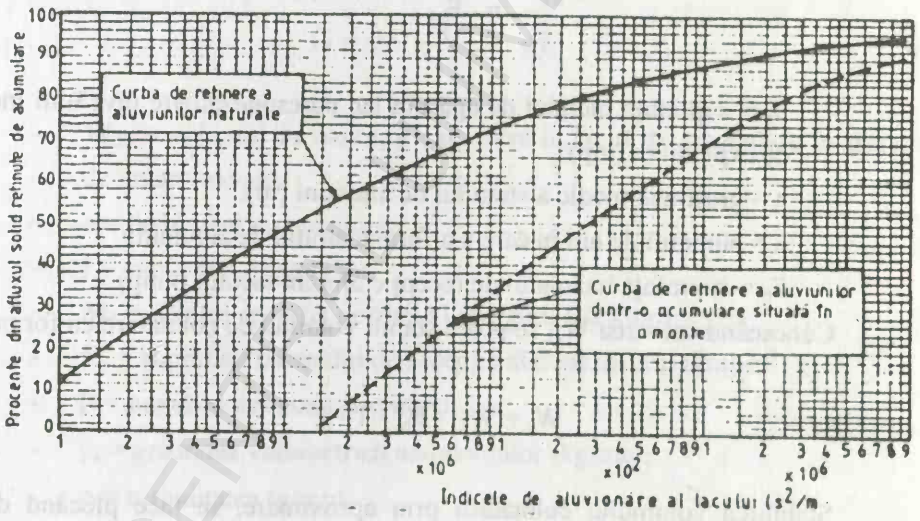



Fig. 8.15. Diagrame de corelaţie

V.M. Borland (1971) a verificat metoda Churchill, aplicând date cunoscute dintr-un număr însemnat de lacuri şi a ajuns la concluzia că, metoda este mai eficientă decât curbele lui Brune.

b) Calculul volumului de aluviuni când, nu există măsurători şi nici observaţii se poate face prin: analogie, aproximare şi formule empirice. Analogia se face fie cu râurile învecinate, pe care există măsurători şi observaţii, fie cu lacurile de acumulare existente ar aloage.

In primul caz se stabilesc prin analogie valorile lui ρ şi $V_0$ pentru cursul de apă pe care se proiectează lacul şi se determină $W_a$ cu formula cunoscută.

In al doilea caz, se determină volumul anual de aluviuni rezultate de pe 1 kmp de bazin de recepţie cu relaţia:

$$W_{a1} = \frac{S_a \cdot h}{n \cdot F_{b1}} \text{ [mc/kmp]}$$

- $S_a$ = suprafaţa luciului de apă din lac corespunzătoare nivelului mediu de exploatare (mp);
- h = grosimea medie a stratului de aluviuni (m);
- n = numărul de ani în care s-a format stratul de aluviuni;
- $F_{b1}$= suprafaţa bazinului de recepţie aferent lacului (kmp).

Cunoscând valoarea $W_{a1}$ se poate stabili volumul de colmatare cu formula:

$$W_a = W_{a1} \cdot F_{b1} \cdot T \cdot g$$

Stabilirea volumului colmatării prin aproximare, se face plecând de la normele medii date de institutele de cercetare.

In multe cazuri, un specialist competent poate în mod obişnuit, obţine rezultate bune în ceea ce priveşte cantităţile de aluviuni, anticipându-le din orice suprafaţă de scurgere dată, pe baza unei recunoaşteri a întregii zone de recepţie. Va nota pe hartă rezultatele sale, pe diferite subzone ale zonei respective. El va marca tipurile de eroziune, topografia terenului, protecţia solului etc. Din aceste date el



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

tipurile de eroziune, topografia terenului, protecţia solului etc. Din aceste date el poate pregăti un sistem de estimare integrat al randamentului bazinului cursului respectiv. Trebuie acordată mare atenţie istoricului zonei, incluzând variaţiile vremii şi ale solului.

Formulele empirice mai des folosite sunt următoarele (V.B. Poliakov, 1953):

$$W_{al} = \frac{a \cdot j \cdot M_0 \cdot F_b \cdot \beta}{1000 \cdot \gamma_a}$$

$$\rho = 10^4 \cdot \alpha \cdot \sqrt{I}$$

$$G = 0{,}01 \cdot V \cdot \alpha \cdot \sqrt{I}$$

- $W_{al}$ = volumul de aluviuni care intră în lacul de acumulare în decurs de un an (mc/an);
- $a$ = coeficient de eroziune;
- $j$ = panta văii barate (%);
- $M_0$ = debitul specific normal al scurgerii (l/s kmp);
- $F_b$ = suprafaţa bazinului de recepţie aferent lacului (kmp);
- $\beta$ = numărul de secunde dintr-un an;
- $\gamma_a$ = greutatea volumetrică a aluviunilor (kg/mc);
- $\rho$ = turbiditatea (g/mc);
- $\alpha$ = coeficientul care variază de la 0,5 - 10,0 funcţie de caracteristicile solului;
- $I$ = panta râului în zona de stabilire a debitului solid (%);
- $G$ = scurgerea solidă (t);
- $V$ = volumul total de apă scurs în albie în timpul unui an mediu (mc).



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

metode folosesc totuşi pentru o determinare a cotei părţi din volumul lacului, care nu va fi disponibilă pentru folosinţe în urma colmatării şi pentru determinarea duratei de colmatare totală, dată de relaţia:

$$T_a = \frac{W}{W_r} \text{ [ani]}$$

- $W_r$ = volumul de aluviuni colmatate în lacul de acumulare în cursul unui an (mc/an);
- W = volumul iniţial al lacului de acumulare (mc).

Aceste metode se recomandă a fi folosite atât în fazele de elaborare a schemelor de amenajare, cât şi pentru o evaluare generală a amplorii procesului de colmatare, pentru a verifica oportunitatea efectuării unor studii amănunţite.

**B. Metode de prognoză semiempirice**

Aceste metode se bazează pe analiza sistematică a modului de colmatare a unor lacuri existente şi pe extinderea rezultatelor obţinute la studiul colmatării unor lacuri, aflate în situaţii similare.

Pentru prezicerea modului în care aluviunilor depuse se repartizează în cadrul lacului de acumulare, prescripţiile de calcul utilizate de Biroul de Hidroamelioraţii din SUA recomandă *Metoda de reducere empirică a suprafeţei lacului* (R.K. Linsley ş.a., 1984)

J.M. Lara (1962) pornind de la panta curbei capacităţii lacului, în coordonate logaritmice: $m = \frac{\lg V_i - \lg V_{i-1}}{\lg H_i - \lg H_{i-1}}$ a clasificat lacurile de acumulare astfel:

- lacuri de tip I, caracterizate prin **m > 3,5** corespunzând zonei de şes;



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- lacuri de tip II, caracterizate prin $2,5 < m \leq 3,5$ ceea ce corespunde zonei colinare sau montane cu curbe de nivel evazate;
- lacuri de tip III, caracterizate prin $1,5 < m \leq 2,5$ ceea ce corespunde zonei colinare;
- lacuri de tip IV, caracterizate prin $m < 1,5$ corespunzătoare zonelor de defilee montane.

Pentru fiecare tip de lac au fost trasate curbele caracteristice empirice, ce sunt prezentate în fig. 8.16 şi reprezintă legătura între înălţimea stratului de aluviuni din zona barajului şi gradul de reducere a suprafeţei lacului, la diferite cote ca urmare a colmatării (J.M. Lara, 1962).

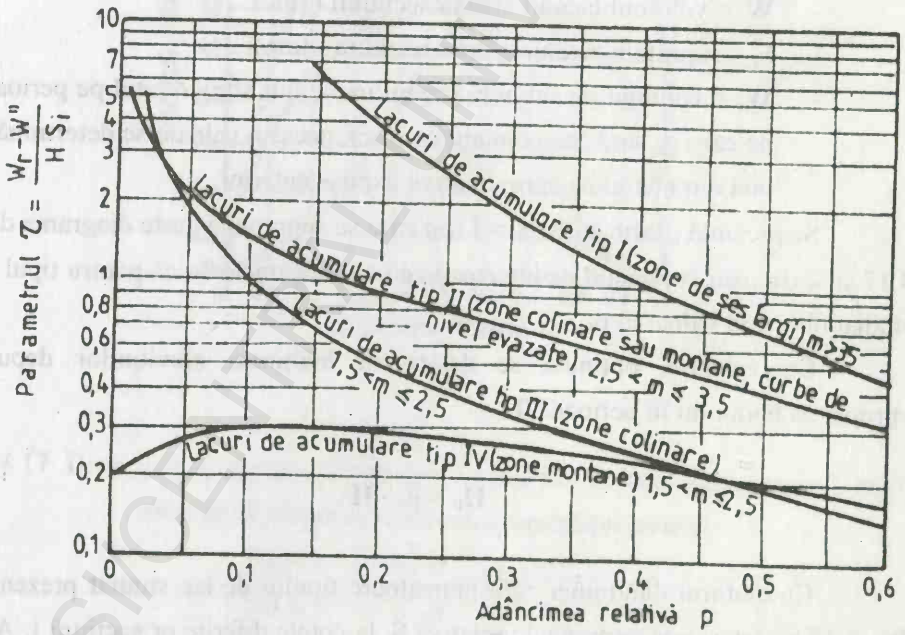



Fig. 8.16. Diagrama de calcul a colmatării lacurilor după metoda de reducere a suprafeţei lacului

Lacul la care dorim să calculăm colmatarea, se împarte în N tranşe prin secţiuni orizontale, prima secţiune fiind situată la cota talvegului, iar ultima la cota nivelului normal de retenţie. In continuare se calculează pentru fiecare secţiune adâncimea relativă $p_i$ şi parametrul $\tau_i$ cu relaţiile:

$$p_i = \frac{H_i}{H}; \tau_i = \frac{W_r - W_i}{H \cdot S_i}$$

- H = adâncimea apei la nivelul retenţiei normale (m);
- $H_i$ = adâncimea apei la cota secţiunii i (m);
- $W_i$ = volumul lacului la cota secţiunii i (mc);
- $S_i$ = suprafaţa lacului la cota secţiunii i (mp);
- $W_r$ = volumul de aluviuni reţinut în lac din afluxul total pe perioada T, pe care se studiază colmatarea (mc); această valoare se determină după una din metodele aproximative expuse anterior.

Se prezintă grafic curba $\tau_i = f(p_i)$ care se suprapune peste diagrama din fig. 8.17 şi se determină punctul de intersecţie cu curba caracteristică pentru tipul de lac studiat obţinând valoarea $p_0$.

Cu valoarea obţinută se determină înălţimea aluviunilor depuse în apropierea barajului în perioada T.

$$H_0 = p_0 \cdot H$$

Cu ajutorul diagramei corespunzătoare tipului de lac studiat prezentată în fig. 8.17 se determină suprafeţele relative $S_i$ la cotele diferitelor secţiuni i. Apoi se calculează coeficientul K aferent gradului de colmatare analizat (J.M. Lara, 1952):



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

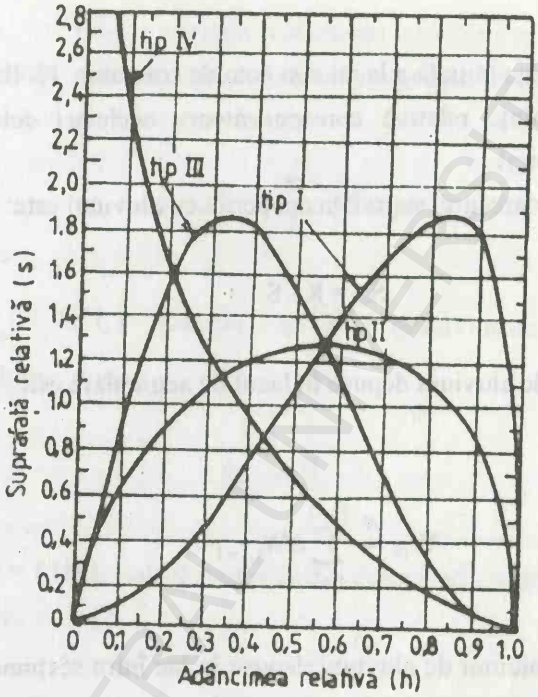



Fig. 8.17. Diagrama de calcul a distribuției aluviunilor în lacul de acumulare după metoda de reducere empirică a suprafeței lacului

Tip I $s = 5{,}047\, h^{1{,}85}\, (1 - h)^{0{,}36}$;

Tip II $s = 2{,}487\, h^{0{,}51}\, (1 + h)^{0{,}40}$;

Tip III $s = 16{,}967\, h^{-1{,}15}\, (1 + h)^{2{,}32}$;

Tip IV $s = 1{,}466\, h^{-2{,}26}\, (1 - h)^{1{,}36}$



BCU IAŞI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$K = \frac{S_0}{s_0}$$

- $S_0$ = suprafaţa iniţială a lacului la cota de colmatare $H_0$ (mp);
- $s_0$ = suprafaţa relativă corespunzătoare aceleiaşi cote extrase din diagramă (mp).

Într-o secţiune oarecare, suprafaţa acoperită cu aluviuni este:

$$S_{ai} = K \cdot S_i$$

Volumul total de aluviuni depuse în lacul de acumulare este:

$$W_N = \sum_{i=1}^{N-1} \Delta W_{i,i+1}$$

- $\Delta W_{i,i+1}$ = volumul de aluviuni depuse în lac între secţiunea i şi i + 1 şi se determină cu relaţia:

$$\Delta W_{i,i+1} = \frac{S_{a_i} + S_{a_{i+1}}}{2}(H_{i+1} - H_i)$$

În cazul în care $W_N$ nu coincide cu $W_r$, se reiau calculele introducând în locul lui K valoarea K' dat de relaţia:

$$K' = K \cdot \frac{W_r}{W_N}$$



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

După ce s-a ajuns la egalitatea celor două volume, se trasează următoarele curbe:

1. $W_i = f(H_i)$ - variația volumului aluviunilor acumulare funcție de înălțime: diferite valori ale lui $W_i$ sunt date de relația:

$$W_i = \sum_{i=1}^{N} \Delta W_{i,i+1}$$

2. $S_{n_{ai}} = f(H_i)$ - variația suprafeței nealuvionate a lacului funcție de înălțime, unde:

$$S_{n_{ai}} = S_i - S_{a_i}$$

3. $W_i' = f(H_i)$ - curba modificată a capacității lacului funcție de înălțime, unde:

$$W_i' = W_i'' - W_i$$

C.P. Benedict (1973) aplicând această metodă de reducere empirică a suprafeței lacului, la prezicerea distibuirii aluviunilor în unele lacuri din SUA a constatat că în unele situații apare următoarea dificultate: nu se poate găsi nici un punct de intersecție al curbei $t_i$ cu curba caracteristică. In acest caz este necesar să se construiască curba:

$$W = S_i (H - H_i) + W_i''$$



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Se alege la înălţimea stratului de aluviuni lângă baraj, valoarea $H_0$ pentru care $W = W_r$.

**C. Metodele de prognoză analitice**

In cadrul acestor metode se poate cita un procedeu de calcul, care se bazează pe analiza sistematică a colmatării unor lacuri existente în zona colinară a Moldovei şi extinderea rezultatelor obţinute la studiul colmatării altor lacuri aflate în situaţii similare. Calculul volumului mediu anual de aluviuni transportat şi reţinut în lacurile de acumulare mici şi mijlocii, rezultat de pe suprafeţele bazinelor de recepţie, se face cu relaţia (I. Giurma, 1978, 1982, 1984):

$$W_a = q \cdot n_u$$

- $q$ = debitul solid specific mediu anual influent convenţional (mc/an);
- $n_u$ = numărul de unităţi de suprafaţă convenţionale.

Procedeul de lucru este următorul:

- se zonează bazinul de recepţie aferent lacului, ce urmează să se proiecteze şi se stabileşte numărul total de unităţi de suprafaţă convenţionale ($n_u$);
- cunoscând $n_u$ se determină, cu ajutorul relaţie $q = f(n_u)$, (valabilă pentru zona colinară a Moldovei) valorile lui q şi anume:

$$q = 0{,}30023 + \frac{1027}{n_u} + \frac{37869 \cdot 10^4}{n_u^2} - \frac{2818 \cdot 10^{11}}{n_u^3}$$

Produsul dintre q şi $n_u$ defineşte volumul mediu anual de aluviuni, ce urmează să fie reţinut în lac.



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Pentru determinarea lui $n_u$ se pleacă de la definirea categoriilor de zone de influenţă. Intr-un bazin de recepţie al unui lac, se pot diferenţia mai multe categorii de zone de influenţă, după aportul pe care îl au la formarea debitului solid care influenţează direct procesul de colmatare. Pentru a studia această influenţă se face o zonare detaliată a bazinelor de recepţie ale lacurilor, după criteriul debitului solid specific anual influenţat (q), care reprezintă cantitatea medie de aluviuni transportată într-un lac de pe un hectar din zona de influenţă ($Z_i$), în timp de un an. Zona de influenţă poate fi constituită dintr-o unitate hidrografică elementară (HUE) sau dintr-un grup de unităţi hidrografice elementare.

Unitatea hidrografică elementară este cea mai mică suprafaţă, ce se poate delimita în bazinul de recepţie prin linii de separaţie ale apelor, pe un plan de situaţie. Ea poate fi cu reţea de scurgere sau interbazinală.

Grupul de unităţi hidrografice elementare formează un mic bazin de recepţie al unui torent complex, pârâu sau orice afluent al cursului principal pe care se amplasează lacul, care poate fi împărţit cu ajutorul liniilor de separaţie ale apelor în mai multe unităţi hidrografice elementare. Pe planurile de situaţie cu bazinele de recepţie ale lacurilor, în prima etapă se delimitează cu ajutorul liniilor de separaţie ale apelor, suprafeţele laterale şi suprafeţele frontale ale fiecărui lac în parte. De pe suprafeţele laterale apele de scurgere debuşează direct în lac, pe când de pe suprafeţele frontale acestea ajung în lac prin intermediul albiilor afluenţilor principali ai lacului.

In a doua etapă în cadrul suprafeţelor laterale, se diferenţiază două categorii de zone după modul cum se realizează transportul apelor de scurgere în lac: zone cu reţea de scurgere de pe care transportul apei în lac se efectuează concentrat şi zone interbazinale de pe care scurgerea se efectuează împrăştiat pe întreaga lungime a frontului de contact dintre zone şi lac.

Si în cadrul suprafeţelor frontale se diferenţiază, de asemenea, două categorii de zone, după modul în care are loc scurgerea apelor în albiile cursurilor



BCU CLUJ / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

principale: zone cu reţea de scurgere şi zone interbazinale. Având la bază principalele caracteristici ale zonelor de influenţă delimitate (categoria din care fac parte zonele, poziţia zonelor pe bazinul de recepţie, stadiul de evoluţie al reţelelor de scurgere, distanţa dintre zonă şi lac, folosinţele, relieful şi pantele zonelor, gradul de eroziune a solului, natura terenului şi existenţa lucrărilor de amenajare), acestea se încadrează în şase tipuri de influenţă: zona de influenţă excesivă, foarte mare, mare, medie, moderată şi mică.

Pentru fiecare lac în parte se centralizează tipurile de zone de influenţă şi folosinţele acestora, care servesc la continuarea calculelor.

Ţinând seama de rezultatele obţinute în zona colinară a Moldove cu privire la cantităţile de sol spălate, în funcţie de folosinţe, dar şi de gradul de influenţă a diferitelor categorii de zone, s-au determinat valori e unor coeficienţi de pondere (C) redaţi în tabelul 8.1.

Tabelul 8.1

Valorile medii ale coeficienţilor de pondere stabiliţi pentru zona colinară a Moldovei

| Folosinţa | Zona de influenţă | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | excesivă | foarte mare | mare | medie | moderată | mică |
| Arabil | 100 | 67 | 34 | 17 | 4 | 2 |
| Intravilan | 50 | 33,5 | 17 | 8,5 | 2 | 1 |
| Păşune | 25 | 16,75 | 8,5 | 4,25 | 1 | 0,5 |
| Fâneaţă şi pădure | 5 | 3,35 | 1,7 | 0,85 | 0,2 | 0,1 |

Coeficienţii de pondere se înmulţesc cu suprafeţele corespunzătoare ale fiecărei categorii de folosinţă din zona de influenţă şi prin sumarea acestor produse



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

se obţine numărul total de unităţi de suprafaţă convenţionale din bazinul de recepţie al fiecărui lac.

**B. Metodele de prognoză bazate pe modele matematice**

Simpla descriere a procesului de colmatare este insuficientă pentru practica hidrotehnică şi, la fel ca în alte domenii, este necesară o descriere cantitativă a procesului printr-o serie de relaţii matematice.

Astfel colmatarea unui lac de acumulare poate fi descrisă cu cel puţin trei relaţii şi anume (E. Răzvan, ş.a., 1974):

1) Variaţia volumului total al deşeurilor în timp, raportat la un volum de referinţă. Structura unei asemenea relaţii este:

$$\frac{V_d}{V_0} = f(t)$$

- $V_0$ = volumul iniţial al lacului (mc);
- $V_d$ = volumul depunerilor într-un anumit interval de timp (mc).

2) Distribuţia volumelor depuse în lac:

$$\frac{V_x}{V_0} = f\left(\frac{x}{L_0}, t\right)$$

- $V_x$ = volumul depunerilor într-un sector studiat la distanţa x de origine (axa frontului de retenţie) (mc);
- $L_0$ = lungimea remuului iniţial (m).



BCU IAŞI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

3) Structura depunerilor, aplicată în funcţie de variaţia unui diametru caracteristic:

$$\frac{d_x}{d_0} = f\left(\frac{x}{L_0}, t\right)$$

- $d_x$ = diametrul caracteristic al aluviunilor în secţiunea x - x;
- $d_0$ = diametrul caracteristic al aluviunilor în secţiunea de intrare.

In afara acestor relaţii mai este necesară cel puţin o relaţie pentru a respecta consecinţele hidraulice ale depunerilor, spre exemplu, cum ar fi variaţia remuului suplimentar:

$$\frac{D_z}{H_0} = f\left(\frac{x}{L_0}, t\right)$$

- $D_z$ = remuul suplimentar după un ciclu hidrologic de calcul;
- $H_0$ = retenţia de calcul la baraj (adâncimea apei în amonte de baraj până la NNR).

In vederea stabilirii unor relaţii de tipul celor arătate, trebuie cunoscută evoluţia procesului de colmatare, în timp şi spaţiu. Pentru a cunoaşte această evoluţie există două metode:

- prin măsurători sistematice în acumulările existente prin mijloace cum ar fi: controlul colmatării şi al capacităţii;
- prin calcule cu caracter de prognoză a procesului de colmatare folosind mijloace ca: evaluarea încărcării în suspensii a râurilor pe care trebuie construită acumularea. In cadrul primei metode se face măsurarea volumului de aluviuni din acumulare prin efectuarea controlului capacităţii actuale a acumulării şi găsirea diferenţei dintre ea şi



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

capacitatea inițială. Rezultatele obținute au erori de peste 10% (DOS MIC 1969)

Volumul depozitării aluviunilor poate fi arătat prin două căi şi anume: prin determinarea capacității actuale şi găsirea diferenței între aceasta şi capacitatea inițială sau prin măsurarea directă a volumului aluviunilor depozitate.

La a doua metodă încărcarea curentului depinde de diferiți factori ca: condițiile de amplasament, cantitatea şi tipul aluviunilor suspendate, natura şi schimbarea vitezei datorită pantei albiei, adâncimea şi forma afluxului din lac.

Fiecare din aceste metode prezintă avantaje şi dezavantaje. Măsurătorile oferă o informație relativ sigură pentru acumularea studiată dar: implică o perioadă de timp lungă, permit cunoaşterii situației numai după producerea colmatării, sunt valabile numai pentru condiții particulare ale acumulării studiate.

Calculele permit obținerea relativ rapidă a unei prognoze a desfăşurării procesului, cu o precizie care depinde în primul rând de cea a datelor de bază şi apoi de cea a relațiilor de calcul.

Se pune problema modului de folosire adecvată a ambelor metode deoarece:

- măsurătorile, nu pot fi înțelese şi interpretate fără o anumită cunoaştere a mecanismului proceselor;
- calculele teoretice devin convingătoare numai însoțite de date reale.

Tinând seama de cele arătate, se constată că evoluția colmatării unui lac de acumulare a fost abordată atât cu metode teoretice, urmărind elaborarea şi folosirea unor metode de calcul care să simuleze procesul de colmatare (dintre toate tipurile de modele matematice, s-a constatat că unei asemenea analize i se pretează modele de simulare) cât şi prin măsurători în teren la diverse lacuri.

Până în prezent în literatura de specialitate au fost propuse diferite modele matematice pentru rezolvarea problemei colmatării lacurilor. S-a constatat că elaborarea unor modele matematice, aducerea lor în stadiul operațional, pune în



BCU "MIHAIL KOGĂLNICEANU" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

general multe probleme; cu atât mai multe sunt asemenea probleme în cazul simulării procesului de colmatare care este foarte complex, având aspecte încă neelucidate (Ionescu Fl. ş.a., 1974).

Simularea colmatării, ca şi a oricărui proces fizic implică următoarele etape:

- o bună cunoaştere a procesului;
- fixarea parametrilor pentru factorii care intervin;
- stabilirea unor relaţii între aceşti parametrii;
- precizarea condiţiilor iniţiale şi la marginea domeniului în care acţionează relaţiile de calcul stabilite;
- cunoaşterea valorilor numerice ale constantelor fizice şi ale datelor de teren care intră în relaţiile de calcul;
- rezolvarea de obicei prin metode numerice a sistemului de ecuaţii stabilit.

Ideea de bază de la care pornesc cele mai multe modele matematice este aceea a unui bilanţ dintre cantităţile de aluviuni intrate şi ieşite din lac în funcţie de capacitatea de transport a curentului (Amaftiesei R ş.a. 1965; Nicolae I., 1967, Ionescu Fl. ş.a., 1971; Răzvan E., 1973, Yucel O. ş.a., 1973).

Pentru calculul acestui bilanţ majoritatea modelelor admit împărţirea lacului pe sectoare de lungime şi analizează separat procesele de colmatare pe fiecare sector.

Elaborarea unor programe de calcul numeric al colmatării a început la noi în ţară din 1963 - 1964 cu studiile efectuate la SHEN Porţile de Fier (Amaftiesei R. ş.a. 1965; Ionescu Fl. ş.a., 1971).

Programele au evoluat şi se dispune astfel un set de programe numite **SEDIM**. Aceste programe sunt numerotate pentru a fi distinse după condiţiile particulare în care se efectuează calculele (**SEDIM 1, 2, 3**).



BCU MS CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Astfel programul SEDIM - 1 simulează colmatarea în următoarele condiţii restrictive:

- debitul solid la intrare în lac se calculează cu o formulă, considerând un curent saturat;
- structura granulometrică este presupusă uniformă, fracţiile fiind identice şi diametrul de calcul constant;
- nu se ţine seama de posibilitatea reantrenării aluviunilor depuse.

Programul SEDIM - 2 depăşeşte două dintre aceste condiţii restrictive:

- debitul solid la intrare este introdus în baza unei corelaţii care trebuie furnizată din măsurători de teren;
- se introduce condiţia de reantrenare a aluviunilor.

Programul SEDIM - 3 ţine seama şi de variabilitatea geometrică atât la intrare, cât şi în procesul de colmatare, după o lege oarecare (liniară sau parabolică). In plus în această variantă s-au introdus mai multe îmbunătăţiri de structură (adrese, instrucţiuni de control şi afişare).

In literatura de specialitate se întâlnesc aşa cum s-a mai spus multe modele matematice. Spaţiul acestei lucrări nu permite descrierea acestor modele ci numai amintirea părţilor componente ale lor. Astfel acestea (Ionescu Fl., 1974, Şerban P., Oană L., 1976, Daryl B., Simons S., Fuat Senturk 1977, Lebreton T.C., 1974, Oană L., 1984) utilizează modele matematice de prognoză a colmatării lacurilor ce au părţile componente: ecuaţia de mişcare, legea de transport, relaţia de bilanţ şi metoda de evaluare a transportului solid.

Serban P., Stănescu V.Al. şi Roman P., 1989, calculează transportul aluvionar în lacuri de acumulare folosind următoarele relaţii: ecuaţia curgerii în lac, ecuaţia de continuitate a apei, ecuaţia factorului de frecare cu apa care ţine seama de variabilitatea coeficientului de rugozitate a curgerii, ecuaţia transportului solid şi ecuaţia de continuitate a sedimentului.



BCU "MIRCEA CEL BĂTRÂN" UNIVERSITY LIBRARY

Hâncu S. şi Duma D. (1980) prezintă un model de calcul pentru simularea numerică a procesului de colmatare în lacuri, care cuprind următoarele ecuaţii de bază:

1) Ecuaţia de mişcare a fazei lichide

Acestea sunt ecuaţiile Saint - Venant, adică ecuaţiile diferenţiale ale mişcării nepermanente ale apei în albii deschise:

$$\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\mu}{g \cdot \omega} \cdot \frac{(\mu + \nu)}{g \cdot \omega^2} \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\nu \cdot Q^2}{g \cdot \omega^2} \cdot \frac{\partial \omega}{\partial x} + \xi \cdot \frac{Q^2}{K^2} = 0$$

$$B \cdot \frac{dz}{dt} + \frac{dQ}{dx} = 0$$

z - cota suprafeţei libere a apei într-o secţiune oarecare luată în calcul;

Q - debitul;

K - modulul de debit mediu pe sectorul luat în calcul;

ω - secţiunea de curgere;

g - acceleraţia gravitaţională;

x - distanţa măsurată în lungul albiei;

t - timpul;

μ, ν, ξ - coeficienţi de pondere.

2) Ecuaţii de mişcare ale fazei solide

Aici întâlnim ecuaţia de calcul a debitului solid de tipul:

$$C_m = f(\alpha, \beta)$$

$C_m$ - concentraţia volumetrică medie a aluviunilor;



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$\alpha = \frac{d}{R} \quad \text{şi} \quad \beta = \text{const}\,\frac{a \cdot w \cdot R}{v \cdot a^{1/2}}$$

d - diametrul mediu a particulelor;

R - raza hidraulică;

w - mărimea hidraulică;

v - viteza medie de curgere;

$a = \frac{\rho_s}{\rho} - 1$

Tot o ecuaţie de mişcare a fazei solide o constituie şi ecuaţia de deformare a albiei:

$$v_v \cdot B \cdot \frac{dy}{dt} + \frac{dQ_s}{dx} = 0$$

y - cota fundului albiei;

$Q_s$ - debitul solid;

B - lăţimea albiei la cota fundului.

Condiţiile iniţiale se iau de forma:

$t = 0 \qquad z = z(t) \qquad Q = Q(x)$

$y = y(x) \qquad Q_s = Q_s(x)$

iar condiţiile la limită sunt:

$x = 0 \qquad Q = Q(t)$



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$Q_s = Q_s(t) \quad \text{sau} \quad C_m = C_m(t)$$

$$x = l \qquad Q = Q(z) \quad \text{sau} \quad z = z(t)$$

Ecuaţiile diferenţiale Saint - Venant au fost transcrise în diferenţe finite cu ajutorul unei scheme de calcul implicită, obţinându-se un sistem de n ecuaţii cu n necunoscute $\left(Q_i^j\right)$ de formă generală:

$$A_i Q_{i-1}^j + B_i Q_i^j + C_i Q_{i+1}^j = R_i$$

unde coeficienţii $A_i$, $B_i$, $C_i$ şi termenul liber $R_i$ sunt funcţii de elemente geometrice şi hidraulice ale curgerii la diferite momente (Hâncu S, ş.a. 1975). Ecuaţia debitului solid poate fi stabilită pentru un curs de apă pe bază de măsurători prelucrate sub forma unor corelaţii între parametrii $C_m$, $\alpha$, $1/\beta$.

Hâncu S, ş.a. (1980) prezintă o aplicaţie a simulării numerice folosind acest model de calcul care diferă de alte modele în principal prin două elemente: foloseşte ecuaţiile Saint-Vernant în locul ecuaţiilor mişcării permanente pentru descrierea fazei lichide şi adoptă o funcţie de întârziere pentru descrierea procesului de colmatare.

Un alt model matematic pentru determinarea colmatării lacurilor de acumulare, este descris în continuare.

Se pleacă de la determinarea volumelor medii anuale de aluviuni depuse în lacuri $W_i$, prin una din metodele cunoscute: ridicări clasice topo-geodezice, ridicări batimetrice, cu ajutorul ecosondelor, prin metode fotogrammetrice, cu ajutorul unor dispozitive electronice etc. In prelucrarea datelor obţinute prin aceste metode au fost elaborate şi implementate unele metode şi algoritmi numerici (Giurma I, ş.a., 1985).



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

*a) Prelucrarea statistică a datelor*

Deoarece, şirurile de valori $W_i$, obţinute prin măsurători sunt în general prea scurte, se pot genera noi şiruri $Y_i$. Relaţia de simulare folosită derivă din teoria lanţului Marcov, după care trecerea unui sistem aleator de la timpul t - 1 la timpul t depinde de probabilitatea de trecere a sistemului la timpul t (Vladimirescu I., 1978)

Concret pentru un şir discret de valori cronologice $W_1$, $W_2$... $W_{t-1}$, $W_t$, ... există relaţia de ordinul 1, a lanţului:

$$\Delta W_t = \varphi \cdot \Delta W_{t-1} + \varepsilon_t$$

în care:

$$\Delta W_t = W_t - \overline{W} \quad \text{şi} \quad \Delta W_{t-1} = W_{t-1} - \overline{W}$$

$\overline{W}$ - media aritmetică a şirului de valori;

$\varphi$ - coeficientul lanţului de ordinul 1;

$\varepsilon_t$ - variabila aleatoare de trecere la timpul t.

Rezultă deci:

$$W_t = \overline{W} + \varphi\left(W_{t-1} - \overline{W}\right) + \varepsilon_t$$

*a1) Cazul şirului de date cu pasul constant $\Delta t$ = 1 an*

Fie şirul de bază $W_1$, $W_2$, ... $W_i$, ... $W_n$ şir de valori obţinute prin măsurători şi şirul în curs de generare: $y_1=W_{n+1}$; $y_2=W_{n+2}$; ... $y_i = W_{n+i}$; ...$y_n=W_{n+n}$

Relaţia de simulare a acestui şir este:

$$y_{i+1} = \overline{W} + \rho\left(y_i - \overline{W}\right) + \varepsilon_{i+1}; \quad i = 1,2,...$$



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

In această relaţie în loc de φ s-a folosit ρ, coeficientul de autocorelaţie serială de ordinul 1.

In loc de variabila $\varepsilon_{i+1}$ se introduce o variabilă gaussiană $g_i$ care are valori pozitive şi negative şi se caracterizează prin media egală cu zero şi abaterea medie pătratică $\sigma_g = 1$.

Rezultă deci:

$$\varepsilon_{i+1} = \sigma_\varepsilon \cdot g_{i+1}$$

$\sigma_\varepsilon$ - abaterea medie pătratică a variabilei aleatoare ε.

Ţinând seama de faptul că între abaterile a două şiruri distincte există relaţia:

$$\sigma_\varepsilon^2 = \sigma_w^2\left(1 - \rho^2\right)$$

rezultă următoarea relaţie de simulare:

$$y_{i+1} = \overline{W} + \left(y_i - \overline{W}\right)\rho + g_{i+1} \cdot \sigma_w \sqrt{1 - \rho^2}$$

$\sigma_w$ - abaterea medie pătratică a şirului de bază.

In mod similar, se ia în considerare o variabilă aleatoare de tip Pearson III ($\gamma_i$) care are caracteristicile: media zero şi abaterea $\sigma_\gamma = 1$ rezultă relaţia de simulare:

$$y_{i+1} = \overline{W} + \left(y_1 - \overline{W}\right) + \gamma_{i+1} \cdot \sigma_w \sqrt{1 - \rho^2}\ ; \qquad i = 1, 2, ..., n$$



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Coeficientul de autocorelaţie ρ se determină cu relaţia:

$$\rho = \frac{\frac{1}{n-2}\sum_{i=1}^{n-1} x_i \cdot x_{i+1} - (\bar{x})^2}{\frac{1}{n-2}\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\bar{x})^2}; \qquad i = 1, 2, ..., n$$

Determinarea variabilelor aleatoare **g** şi γ, care au media zero şi abaterea medie pătratică 1, se face cu ajutorul unor numere pseudo aleatoare **f**, care sunt frecvenţe relative cu distribuţie uniformă în intervalul **(0, 1)**, cu media zero şi abaterea medie pătratică 1. Numerele pseudoaleatoare se generează printr-un proces întâmplător care are loc în sisteme imaginate fizic şi matematic (Vladimirescu I., 1978).

Ca sistem matematic, urmărim următorul algoritm:

$$f_{i+1} = \frac{F_{i+1}}{\text{med } M}; \; F_{i+1} = \left(2^k + 1\right)F_i; \; i = 0, 1, 2, ...$$

$f_{i+1}$ - numărul pseudoaleator cu distribuţia uniformă **(0 ... 1)**;

$F_i$ - numărul întreg pseudoaleator generat anterior;

M - cel mai mare număr întreg acceptat de calculator;

$K = 7$; $M = 2^{32}$; $M = 2^{24}$ (Pentru calculatorul IBM 360/40)

La început se intră în relaţia de recurenţă cu **F** egal cu un număr oarecare întreg şi impar. Trecerea de la numerele **f** la variabile aleatoare cu distribuţia Gauss sau Pearson III, se poate face printr-o serie de formule aproximative (Vladimirescu I, 1978):



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$g_i = \left(\sum_{k=1}^{12} f_k\right) - 6; \qquad \gamma_i = \frac{2}{C_s}\left[1 + \frac{C_s \cdot g_i}{6} - \frac{C_s^2}{36}\right]^3 - \frac{2}{C_s}$$

$C_s$ - coeficientul de asimetrie a şirului de bază:

$$C_s = \alpha \cdot C_v; \qquad \alpha = 2 \ldots 3; \qquad C_v = \frac{\alpha_{..}}{W}$$

Metoda este laborioasă şi nu se poate aplica decât cu ajutorul calculatorului; în acest scop s-a întocmit un program GENERATE (Giurma I., Hogea V., 1984, 1985).

In acest program se porneşte de la un şir de valori cronologice cu pas constant (un an) şi se generează valori cronologice cu ajutorul lanţului Markov, folosind o subrutină de generare a numerelor prime ca intrare în altă subrutină care generează frecvenţe aleatoare şi le cumulează; programul principal citeşte datele de intrare, apelează subrutinele aleatoare şi generează valori noi, plecând de la relaţia de bază folosită pentru generarea de noi valori cronologice (care derivă din teoria lanţului Markov) scrisă sub forma:

$$Z_{i+j} = \overline{Z}_i + \rho\left(Z_{i+j-1} - \overline{Z}_i\right) + \gamma_{i+j} \cdot \sigma_{zi}\sqrt{1 - \rho^2}$$

$i = 1, N; j = 1, M;$

$\overline{Z}_i$ - media aritmetică;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

ρ - coeficient de autocorelaţie serială de ordinul 1;

$\sigma_{zi}$ - abaterea medie pătratică a şirului;

$\gamma_{i+j}$ - variabila aleatoare de tip Pearson III;

$Z_{i+j-1}$ - termenul generat anterior în şirul de valori;

$Z_{i+j}$ - termenul generat de şirul de valori.

Se prezintă programul de calcul proiectat (fig. 8.18, 8.19, 8.20) (Giurma I. şi Hogea V., 1984, 1985).

Date de intrare:

N - numărul valorilor date: $Z_i = \overline{1, N}$;

M - numărul valorilor de generat prin program (de fapt programul genereazâ M + 1 valori);

Z - vector ce conţine componentele iniţiale $Z_{i,j} = \overline{1, N}$ şi următoarele valori generate $Z_{j,1} = \overline{N+1, M+1}$.

Date de ieşire:

$$Z_{j,j} = \overline{N+1, M+1}$$

Subrutinele necesare:

1) **PRIM (N, A, J)**, cu N număr întreg, A un vector N- dimensional şi J folosit ca index în numerotarea numerelor prime generate în intervalul [1, N]. In program, considerăm N = 5000, şi se vor genera 671 numere prime (dacă este nevoie de N mai mare, de exemplu N = 10.000 se vor genera automat 1231 numere prime situate în intervalul [1, 10.000]). Numerele prime se folosesc ca date de intrare în subrutina ALEATOR.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

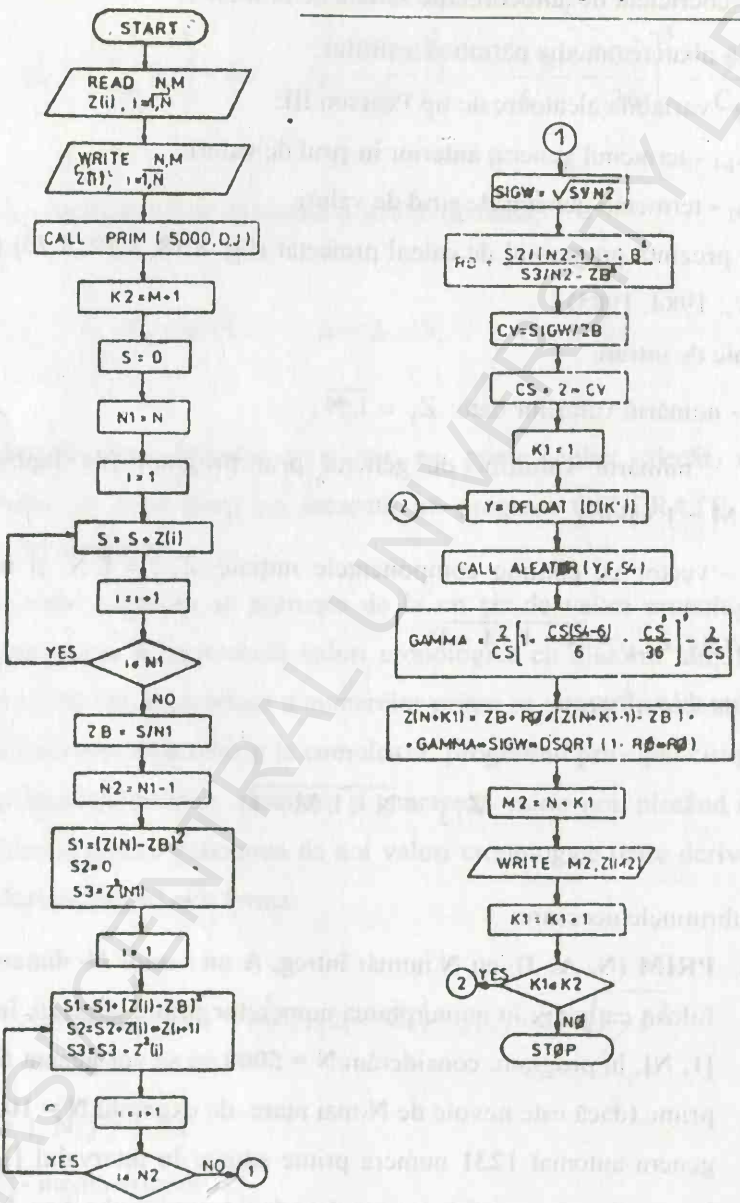



Fig. 8.18. Programul GENERATE



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

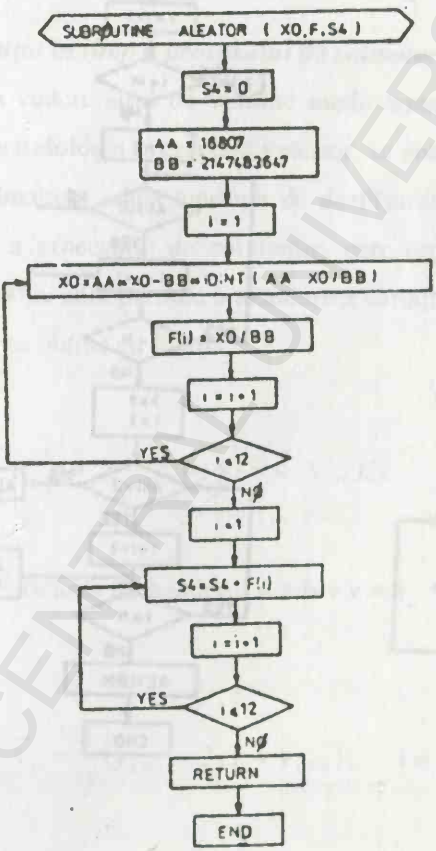



Fig. 8.19. Subrutina ALEATOR



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

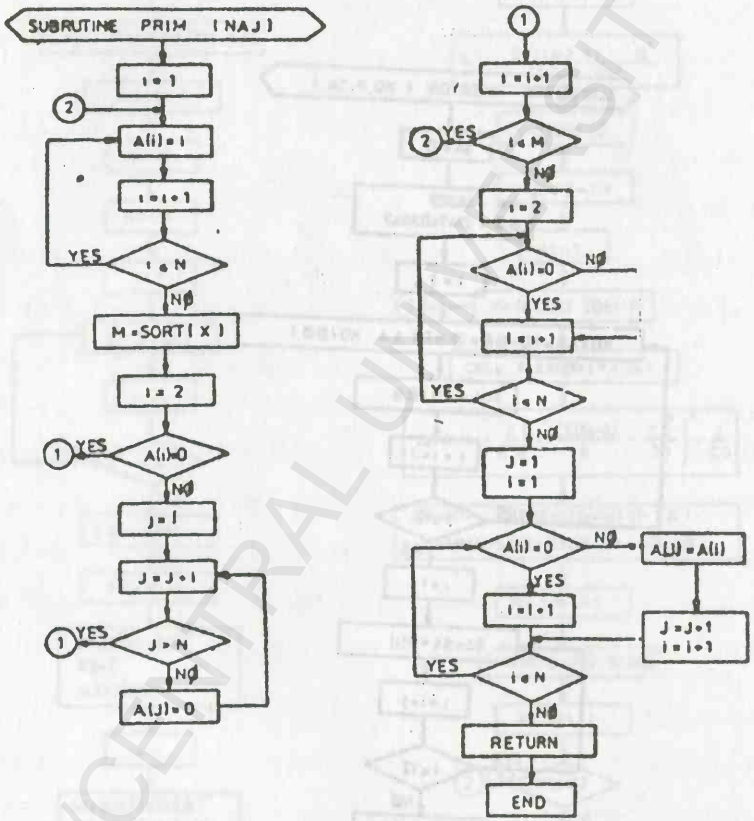



Fig. 8.20. Subrutina PRIM



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

2) ALEATOR (X0, F, S4) unde X0 este valoarea de pornire (un număr prim ieşit din subrutina PRIM). F este un vector 12-dimensional ce va conţine numere pseudoaleatoare generate de repartiţia uniformă pe

$$[0,1] \text{ şi } S4 = \sum_{i=1}^{12} F(i)$$

*b) Evoluţia în timp a procesului de colmatare*

Având în vedere şirul de volume medii anuale colmatate într-un lac, şir îmbogăţit după metodologia prezentată anterior, se poate studia evoluţia generală a procesului de colmatare, adică tendinţa de desfăşurare în timp. Pentru urmărirea evoluţiei în timp a procesului de colmatare, care este periodică, se poate folosi metoda mediei mobile care permite o atenuare a variaţiei valorilor.

Medierea se obţine cu relaţia:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{3}(a \cdot y_{i-1} + b \cdot y_i + c \cdot y_{i+1}); \qquad i = 2, 3, ..., n$$

a, b, c - coeficienţi de pondere: $a + b + c = 1$

sau

$$\bar{y}_i = \frac{1}{4}(y_{i-1} + 2y_i + y_{i+1}); \qquad i = 2, 3, ... n$$

Această relaţie este folosită în figura 8.21.



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Operaţia constă în substituirea fiecărei valori din şir (începând cu termenul al doilea) cu media corespunzătoare, rezultând variaţia cronologică a volumelor de aluviuni colmatate (fig. 8.21). Deoarece procesul este periodic, se scoate în evidenţă perioada T a ciclului.

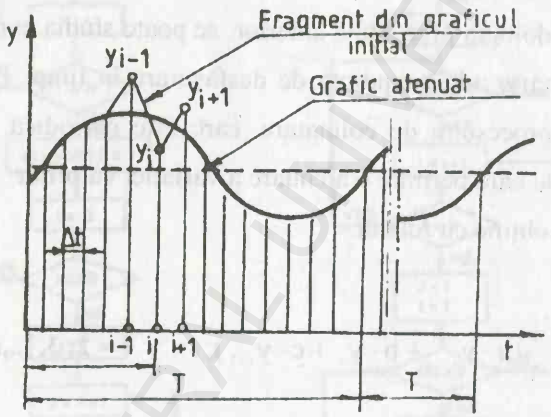



Fig. 8.21. Exemple de mediere a variaţiei valorilor cronologice

După ce s-a determinat perioada T a ciclului, variaţia valorilor cronologice este cuprinsă într-o formulare matematică, folosind funcţiile f(t) a seriilor Fourier (Vladimirescu I., 1978):



BCU IAŞI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty}\left(a_k \cos k\frac{2\pi}{T}t + b_k \sin k\frac{2\pi}{T}t\right)$$

unde: $t \in \left(-\frac{T}{2} : \frac{T}{2}\right)$, iar $a_0$, $a_k$, $b_k$ sunt coeficienţi.

Făcând schimbarea de variabilă: $t = \frac{T}{2} \cdot \frac{x}{\pi}$ cu perioada $2\pi$ în loc de T rezultă:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty}(a_k \cos kx + b_k \sin kx)$$

Pe axa absciselor se împarte intervalul $(0, 2\pi)$ în n părţi egale: pentru toate aceste intervale se cunosc valorile:

$(0, y_0)$; $(x_1, y_1)$; $(x_2, y_2)$; ... $(x_i, y_i)$; ... $(x_{n-1}, y_{n-1})$; $(x_n = 2\pi, y_n)$; $i = 0, 1, 2, 3, \ldots n$

Coeficienţii se determină cu relaţiile:

$$a_k = \frac{2}{n}\sum_{i=0}^{n-1} y_i \cos kx_1 : b_k = \frac{2}{n}\sum_{i=0}^{n-1} y_i \sin kx_1 : a_0 = \frac{2}{n}\sum_{i=0}^{n-1} y_i$$

*I. Calculul volumului util*

Acest volum se poate calcula prin metode grafice şi metode analitice. O metodă grafică este cea bazată pe curba integrală a diferenţelor: această metodă se poate aplica atât în cazul regularizării anuale cu consum constant sau variabil cât şi în cazul regularizării multianuale chiar la acumulările complexe cu consum variabil



BCU TIMIŞOARA CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

(Băloi, B., Popovici, M., Giurma, I. 1978); la regularizarea anuală se pot folosi curbele integrale în sisteme de axe rectangulare, iar la regularizarea multianuală se recomandă curbele integrale în sisteme de axe oblice.

Metodele analitice au la bază tipurile de bilanţ. Una dintre cele mai utilizate metode de calcul a volumului util este cea bazată pe simularea pe şiruri cronologice reale.

**a) Prezentarea metodei de calcul bazate pe simulare pe şiruri cronologice reale**

Metodele de simulare caută să rezolve problemele de gospodărire a apelor modelând procesele respective pe şiruri de valori caracterizând succesiunile mărimilor care intervin în calcule.

Metoda de simulare pe şiruri cronologice reale admite că pentru a putea trage concluzii referitoare la procesele de gospodărire a apelor în cadrul unui sistem, se poate pleca de la şiruri de valori hidrologice înregistrate în trecut.

Simularea constă în analiza modului în care sistemul de gospodărirea apelor ar fi funcţionat dacă ar fi fost realizat cu un număr de ani în urmă şi cerinţele ar fi fost cele corespunzătoare gradului de dezvoltare a folosinţelor corespunzătoare etapei studiate.

Procesul se bazează pe ipoteza că rezultatele semnificative ale calculelor de gospodărire a apelor prezintă stabilitate dacă şirul de date este suficient de lung şi reprezentativ.

Metoda admite ca ipoteză posibilitatea de a obţine estimaţii referitoare la parametrii distribuţiei unei colectivităţi statistice plecându-se de la un anumit eşantion, conform teoriei selecţiei.

Principalul avantaj al metodei de simulare pe şiruri reale îl constituie faptul că, până în prezent, este singura ce permite studii pentru scheme de amenajare



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

complexe pe bazine hidrografice mari, cuprinzând numeroase lucrări de gospodărire a apelor şi numeroase folosinţe.

Bilanţul debitelor medii lunare se întocmeşte pentru determinarea gradului în care resursele de apă ale cerinţelor în regim natural asigură satisfacerea cerinţelor de apă ale folosinţelor cu posibilităţi de compensare lunară.

Calculul bilanţului debitelor pe şir de valori se efectuează pentru fiecare lună din perioada de calcul, comparând în fiecare secţiune valorile medii lunare ale debitelor necesare folosinţelor cu debitele medii lunare ale sursei:

$$\pm \Delta = Q_a - Q_n$$

în care:

- $\pm \Delta$ = rezultatul bilanţului în secţiune în luna considerată;
- $Q_a$, $Q_n$ = debitul mediu lunar al sursei, respectiv debitul mediu lunar necesar folosinţelor în aceeaşi lună.

Şirul valorilor $\Delta$ astfel obţinute în fiecare secţiune de calcul, reprezentând excedente ($\Delta > 0$) sau deficite ($\Delta < 0$) dau o primă imagine privind condiţiile de satisfacere a folosinţelor de apă considerate şi situaţia utilizării sursei de apă.

O relaţie de calcul mai explicită poate fi considerată cea din exemplul care urmează şi anume:

$$\pm \Delta_{ij} = Q_{ij} - Q_c - \frac{S_i N_{ij} \eta_s}{2{,}63 \cdot 10^6 \eta_a} - \frac{S_e Ne_{ij}}{2{,}63 \cdot 10^6 \eta_p}$$

unde:

- $\pm \Delta$ = excedente, respectiv deficite lunare ($m^3/s$);



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- $Q_{ij}$ = debitele medii din lunile **i**, anii **j** (anexa 1 pentru secţiunea acumulării Hălceni, bazin hidrografic Jijia);
- $Q_c$ = debitul de consum constant ($m^3/s$);
- $S_i$ = suprafaţa de irigat în luna **i** (ha);

$Q_c$ şi $S_i$ rezultă din graficele care dau potenţialul de dezvoltare a folosinţelor de apă din bazinul hidrografic considerat, cu un coeficient de regularizare ales $\beta$.

- $N_{ij}$ = normele de irigaţii nete cu aport freatic din lunile **i**, anii **j** ($m^3$/ha lună);
- $\eta_s$ = randamentul de utilizare al suprafeţei de irigat;
- $\eta_a$ = randamentul sistemului de aducţiune;
- $2{,}63 \cdot 10^6$ = numărul de secunde dintr-o lună;
- $S_e$ = suprafaţa de evaporat (ha);
- $Ne_{ij}$ = normele de evaporaţie nete medii din lunile **i**, anii **j** (anexa 3 pentru staţia meteorologică Iaşi);
- $\eta_p$ = randament care ţine seama de pierderile de evaporaţie.

In continuare se prezintă programul de calcul automat (Dobrescu Gh. ş.a., 1993) din care rezultă calculul volumului util pe bază de bilanţ pentru acumularea Hălceni luată ca exemplu (În acest exemplu s-a luat $Q_{cc}$ = **0,4** $m^3/s$; $S_{irig}$ = **1000 ha** şi $S_{evaporaţie}$ = **400 ha**; Tabelele 6.1; 6.2; 6.3 şi 6.4).

```
10 IMPUT "SIR DISPOBIL PENTRU UN NUMĂR DE ANI= "; K
20 I = 13
30 J = 5
40 INPUT "NUME FISIER" N$
50 DIM A (K,I,J), D$(3): KAN = K
60 Q$(1) = "DEBIT AFLUENT": Q$(2) = "NORMA
IRIGATIE": Q$(3)="NORMA EVAPORATIE"
```



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

```
70 INPUT "ANUL CALENDARISTIC INCEPÂND CU CARE
INTRODUCETI DATELE"; AN
80 PRINT "DORITI SA INTRODUCETI DATE IN FISIER D/N ?";:
INPUT A$: IF A$="D" THEN A$="D"
90 INPUT "DORITI LISTARE LA IMPRIMANTA D/N "; PR$:IF
PR$= "D" THEN PR$ = "D"
100 INPUT "DEBIT CONSUM CONSTANT Qc ="; QE
110 INPUT "K_irig "; KIR
120 INPUT "K_evap"; KEV
130 IF A$<>"D" THEN GOTO 160
140 OPEN "O", #I, N$
150 GOTO 170
160 OPEN "I", #1, N$
170 FOR K=0 TO KAN-1
180 FOR I=1 TO 12
190 FOR J=1 TO 3
200 IF A$<>"D" THEN GOTO 280
210 PRINT "ANUL"; K+AN
220 PRINT "LUNA";I
230 PRINT Q$(J)
240 INPUT A(K,I,J)
250 IF A$<>"D" THEN GOTO 300
260 WRITE #1, A(K,I,J)
270 GOTO 300
280 IF EOF(1) THEN 330
290 INPUT #1, A(K,I,J)
300 NEXT J
310 NEXT I
```



BCU "SPIRU HARET" CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

```
320 NEXT K
330 CLOSE #1
340 FOR K=0 TO KAN
350 FOR I=1 TO 12
370 A(K,I,4)=A(K,I,1)-QE-KIR*A(K,I,2)-KEV*A(K,I,3)
380 IF A(K,I,4)>=0 THEN GOTO 460
390 IF I=1 THEN GOTO 420
400 A(K,I,5)=A(K,I-1,5)+A(K,I,4)
410 GOTO 450
420 IF K=0 GOTO 460
430 A(K,I,5)=A(K-1,12,5)+A(K,I,4)
440 IF A(K,I,5)>=0 THEN GOTO 460
450 GOTO 470
460 A(K,I,5)=0
470 NEXT I
480 NEXT K
490 FOR K=0 TO KAN-1
500 IF PR$<>"D" THEN GOTO 830
510 LPRINT
520 WIDTH LPRINT 225
530 L$="--------------------------"
540 LPRINT L$
550 LPRINT "ANUL";K+AN
560 LPRINT L$
570 FOR J=1 TO 5
580 LPRINT
590 FOR I =1 TO 12
600 LPRINT USING "####.###";A(K,I,J);
```



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

```
620 NEXT I
630 NEXT J
640 NEXT K
650 REM
660 LPRINT: LPRINT: LPRINT
670 FOR K=0 TO KAN-1
680 FOR I=2 TO 12
690 IF A(K<I<5)>A(K,I-1,5) THEN SWAT A(K,I,5), A(K,I-1,5)
700 NEXT I
710 D(K)=A(K,12,5)
720 LPRINT: LPRINT "D(";K;")=";D(K)
730 NEXT K
740 LPRINT
750 LPRINT
760 FOR K=KAN-1 TO 0 STEP-1
770 FOR U=1 TO K
780 IF D(U)>D(U-1) THEN SWAP D(U), D(U-1)
790 NEXT U
800 LPRINT "0(";K;")=";D(K)
810 NEXT K
820
END
830 FOR K=0 TO KAN-1
840 PRINT
850 REM WITH LPRINT 225
860 L$="------------------------------
870 PRINT L$
880 PRINT "ANUL"; K+AN
```



BCU WASHINGTON CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

```
890 PRINT L$
900 FOR J=1 TO 5
910 PRINT
920 FOR I=1 TO 12
930 PRINT USING "####.###";A(K,I,J);
940 PRINT " ";
950 NEXT I
960 NEXT J
970 NEXT K
980 REM
990 PRINT: PRINT: PRINT
1000 FOR K=0 TO KAN-1
1010 FOR I=2 TO 12
1020 IF A(K,I,5)>A(K,I-1,5) THEN SWAP A(K,I,5), A(K,I-1,5)
1030 NEXT I
1040 D(K)=A(K,12,5)
1050 PRINT chr$(228);chr(127);max_an(";K;")=";D(K)
1060 NEXT K
1070 PRINT
1080 PRINT
1090 FOR K=KAN-1 TO 0 step-1
1100 FOR U=1 TO K
1110 IF D(U)>D(U-1) THEN SWAP D(U), D(U-1)
1120 NEXT U
1130 PRINT "/"; chr$(228); chr$(127); "/_max_an (";K;")=";D(K)
1140 NEXT K
```



BCU IAŞI - CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

B.C.U. „M. EMINESCU" IAŞI
GEOLOGIE-GEOGRAFIE

- Aplicând relaţia de bilanţ lună de lună şi an de an rezultă o serie de excedente şi deficite $\pm\Delta_{ij}$. Acestea se ordonează crescător în valoare absolută şi în acelaşi timp se calculează şi probabilităţile aferente. Pentru folosinţa dorită, care corespunde unei probabilităţi de calcul corespunzătoare clasei de importanţă se extrage la probabilitatea respectivă deficitul. Acest deficit înmulţit cu numărul de secunde dintr-o lună ne dă volumul util căutat.
- Programul de calcul conceput şi realizat de autori dă posibilitatea efectuării acestui calcul laborios în câteva secunde pentru un şir de date de cca 40 ani (I. Giurma ş.a., 1998).

Tabelul 8.1.

Debite medii lunare în secţiunea acumulării Hălceni

| An | Ian. | Feb. | Mar | Apr. | Mai. | Iun. | Iul. | Aug. | Sept | Oct. | Nov. | Dec. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Valorile din tabel reprezintă mc/s | | | | | | | | | | | | |
| 1951 | 0.325 | 0.394 | 1.89 | 0.383 | 0.468 | 2.04 | 0.136 | 0.048 | 0.026 | 0.033 | 0.082 | 0.121 |
| 1952 | 0.143 | 0.136 | 0.468 | 0.758 | 0.121 | 0.076 | 0.043 | 0.013 | 0.015 | 0.026 | 0.033 | 0.128 |
| ... | | | | | | | | | | | | |
| 1992 | 0.523 | 0.942 | 0.911 | 1.73 | 0.272 | 2.19 | 0.158 | 0.078 | 0.08 | 0.07 | 0.072 | 0.056 |
| 1993 | 0.094 | 0.042 | 2.0 | 2.77 | 0.453 | 0.219 | 0.23 | 0.04 | 0.624 | 0.056 | 0.072 | 0.715 |

Q mediu multianual = 1.21 mc/s

Tabelul 8.2.

Norme de irigaţie cu aport freatic – medii ponderate pe planul de cultură

| An | Ian. | Feb. | Mar | Apr. | Mai. | Iun. | Iul. | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Valorile din tabel reprezintă mc/ha lună | | | | | | | | | | | | |
| 1951 | 0 | 0 | 0 | 89 | 216 | 79 | 724 | 282 | 202 | 0 | 0 | 0 |
| 1952 | 0 | 0 | 0 | 172 | 369 | 0 | 414 | 573 | 229 | 0 | 0 | 0 |
| ... | | | | | | | | | | | | |
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 0 | 797 | 347 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 0 | 442 | 9 | 482 | 0 | 85 | 0 | 0 | 0 |

Solul CERNOZIOM LEVIGAT



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Tabelul 8.3.

Norme de evaporație nete medii lunare pentru stația meteorologică Iași

| An | Ian. | Feb. | Mar | Apr. | Mai. | Iun. | Iul. | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Valorile din tabel reprezintă mc/ha luna | | | | | | | | | | | | |
| 1951 | 0 | 0 | 0 | 0 | 267 | 0 | 261 | 858 | 557 | 133 | 105 | 0 |
| 1952 | 0 | 0 | 0 | 0 | 635 | 0 | 0 | 420 | 655 | 400 | 0 | 0 |
| ... | | | | | | | | | | | | |
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 0 | 676 | 779 | 89 | 175 | 0 | 183 | 0 | 0 |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 0 | 707 | 817 | 1395 | 639 | 0 | 181 | 0 | 0 |

Tabelul 8.4.

Rezultate din rularea programului

| $\Sigma(\Delta)_{max\ an}$ | | $\lvert\Sigma(\Delta)_{max\ an}\rvert$ | | $p_i = \frac{i-0,3}{n+0,4}$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| Δ(0) | -2,65 | Δ(0) | 0,00 | p(1) | 0,02 |
| Δ(1) | -3,58 | Δ(1) | 0,21 | p(2) | 0,04 |
| Δ(2) | -3,66 | Δ(2) | 0,25 | p(3) | 0,06 |
| Δ(3) | -8,97 | Δ(3) | 0,33 | p(4) | 0,09 |
| Δ(4) | -9,67 | Δ(4) | 0,33 | p(5) | 0,11 |
| Δ(5) | -2,01 | Δ(5) | 0,34 | p(6) | 0,13 |
| Δ(6) | -1,23 | Δ(6) | 0,40 | p(7) | 0,15 |
| Δ(7) | -1,21 | Δ(7) | 0,56 | p(8) | 0,18 |
| Δ(8) | -2,91 | Δ(8) | 0,62 | p(9) | 0,20 |
| Δ(9) | -1,10 | Δ(9) | 0,93 | p(10) | 0,22 |
| Δ(10) | -0,99 | Δ(10) | 0,95 | p(11) | 0,25 |
| Δ(11) | -1,69 | Δ(11) | 0,99 | p(12) | 0,27 |
| Δ(12) | -3,41 | Δ(12) | 1,04 | p(13) | 0,29 |
| Δ(13) | -4,15 | Δ(13) | 1,09 | p(14) | 0,32 |
| Δ(14) | -0,93 | Δ(14) | 1,16 | p(15) | 0,34 |
| Δ(15) | -1,21 | Δ(15) | 1,17 | p(16) | 0,36 |
| Δ(16) | -2,82 | Δ(16) | 1,21 | p(17) | 0,38 |
| Δ(17) | -4,07 | Δ(17) | 1,21 | p(18) | 0,41 |
| Δ(18) | -1,04 | Δ(18) | 1,23 | p(19) | 0,43 |



BCU "ION CREANGĂ" UNIVERSITY LIBRARY

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Δ(19) | -1,17 | Δ(19) | 1,27 | p(20) | 0,45 |
| Δ(20) | -1,27 | Δ(20) | 1,27 | p(21) | 0,48 |
| Δ(21) | 0,00 | Δ(21) | 1,29 | p(22) | 0,50 |
| Δ(22) | -2,00 | Δ(22) | 1,56 | p(23) | 0,52 |
| Δ(23) | -3,45 | Δ(23) | 1,69 | p(24) | 0,55 |
| Δ(24) | -1,56 | Δ(24) | 2,00 | p(25) | 0,57 |
| Δ(25) | -0,62 | Δ(25) | 2,01 | p(26) | 0,59 |
| Δ(26) | -0,40 | Δ(26) | 2,31 | p(27) | 0,62 |
| Δ(27) | -0,34 | Δ(27) | 2,65 | p(28) | 0,64 |
| Δ(28) | -0,33 | Δ(28) | 2,79 | p(29) | 0,66 |
| Δ(29) | -0,21 | Δ(29) | 2,82 | p(30) | 0,68 |
| Δ(30) | -0,33 | Δ(30) | 2,91 | p(31) | 0,71 |
| Δ(31) | -0,94 | Δ(31) | 3,02 | p(32) | 0,73 |
| Δ(32) | -1,16 | Δ(32) | 3,18 | p(33) | 0,75 |
| Δ(33) | -1,29 | Δ(33) | 3,35 | p(34) | 0,78 |
| Δ(34) | -0,25 | Δ(34) | 3,41 | p(35) | 0,80 |
| Δ(35) | -2,79 | Δ(35) | 3,45 | p(36) | 0,82 |
| Δ(36) | -3,18 | Δ(36) | 3,58 | p(37) | 0,85 |
| Δ(37) | -0,56 | Δ(37) | 3,66 | p(38) | 0,87 |
| Δ(38) | -1,27 | Δ(38) | 4,07 | p(39) | 0,89 |
| Δ(39) | -3,02 | Δ(39) | 4,15 | p(40) | 0,91 |
| Δ(40) | -3,35 | Δ(40) | 7,11 | p(41) | 0,94 |
| Δ(41) | -2,31 | Δ(41) | 8,97 | p(42) | 0,96 |

### *II. Calculul volumului de atenuare*

Capacitatea de atenuare a lacurilor de acumulare este formată din volumul de protecţie ($W_{at}$), volum delimitat de nivelul maxim de exploatare ($N_{Mex}$) şi nivelul normal de retenţie (NNR) care în majoritatea cazurilor coincide cu creasta deversorului (CD), volum numit uneori volum de atenuare sub creasta deversorului şi din volumul de atenuare propriu - zis ($W_{at}$) delimitat de NNR şi nivelul maxim de calcul al viiturii (NVC).



BCU IASI / CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

Din punct de vedere al existenţei ambelor volume de atenuare sau numai a unuia dintre ele se întâlnesc trei cazuri şi anume:

- lacuri de acumulare la care există numai volum de protecţie; acestea sunt lacuri mici la care nu sunt prevăzute instalaţii de deversare ci numai instalaţii de golire de fund;
- lacuri de acumulare la care există numai volum de atenuare; acestea sunt lacuri la care volumul util ocupă tot spaţiul până la creasta deversorului;
- lacuri de acumulare la care există atât volum de retenţie cât şi volum de atenuare; la aceste lacuri atenuarea undelor de viitură se produce în două faze.

Calculul capacităţii de atenuare a lacurilor de acumulare se poate face prin metode aproximative şi metode exacte.

Metodele aproximative sunt metode grafice expeditive, dar mai puţin precise. Totuşi ele servesc pentru verificarea în mare a metodelor exacte care sunt mai laborioase. De asemenea, metodele grafice aproximative servesc şi pentru stabilirea într-o primă etapă a capacităţii de atenuare sub influenţa diferiţilor factori şi anume: înălţimea posibilă a barajului care impune o limită maximă a capacităţii de atenuare, dimensiunile instalaţiilor de evacuare şi valoarea impusă pentru debitul defluent maxim care nu trebuie să depăşească capacitatea de transport a albiei din aval de acumulare. Numai după consumarea acestei prime etape de calcul, în care se pun diferite ipoteze şi variante cu stabilirea aproximativă a diferitelor elemente care intră în calculele de atenuare, (volum de retenţie, volum de atenuare, debit defluent maxim, înălţimea maximă pe deversor, dimensiuni ale descărcărilor de suprafaţă şi de fund) se trece la cea de-a doua etapă în care se folosesc metodele de calcul exacte.



BCU "ASCENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

**A) Metode aproximative**

Se pleacă de la hidrograful debitelor afluente în amplasamentul acumulării şi se consideră că viitura găseşte lacul plin până la creasta deversorului; între elementele principale de calcul ale atenuării şi anume, între volumul viiturii de calcul (V), volumul de atenuare ($W_{at}$), debitul maxim al viiturii ($Q_{a\ max}$) şi debitul maxim defluent ($Q_{d\ max}$) există unele legături aproximative funcționale după cum reiese geometric în cazul când considerăm hidrografele triunghiulare (fig. 8.22).

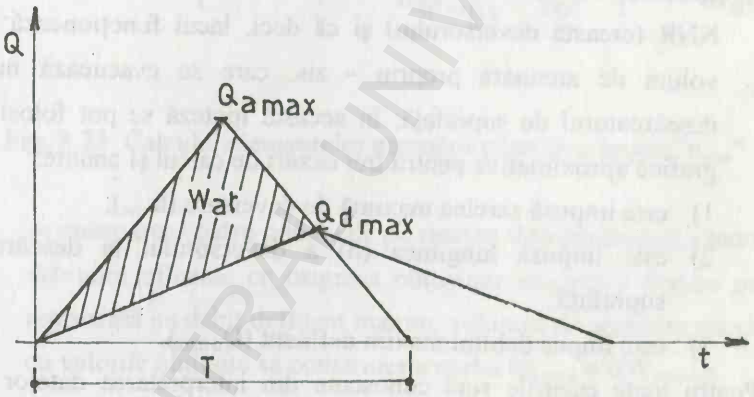



Fig. 8.22. Legături aproximative între elementele atenuării

$$W_{at} = \frac{Q_{a\ max} T}{2} - \frac{Q_{d\ max} T}{2}$$

$$V = \frac{1}{2} Q_{a\ max} T \text{ din care rezultă: } T = \frac{2V}{Q_{a\ max}}$$



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

şi deci:

$$W_{at} = V\left(1 - \frac{Q_{d\,max}}{Q_{a\,max}}\right) \text{ sau } Q_{d\,max} = Q_{a\,max}\left(1 - \frac{W_{at}}{V}\right)$$

Din figură rezultă că hidrograful debitului defluent are ramura crescătoare corespunzătoare creşterii liniare a debitului defluent, ceea ce reprezintă încă o aproximaţie impusă.

Pentru determinarea aproximativă a elementelor de calcul ale atenuării se pot formula mai multe ipoteze:

a) **Ipoteza I-a** consideră că viitura de calcul găseşte lacul plin până la NNR (creasta deversorului) şi că deci, lacul funcţionează numai cu volum de atenuare propriu - zis, care se evacuează numai prin descărcătorul de suprafaţă; în această ipoteză se pot folosi metodele grafice aproximative pentru trei cazuri de calcul şi anume:
   1) este impusă sarcina maximă de deversare ($h_{max}$);
   2) este impusă lungimea (b) a deversorului la descărcătorul de suprafaţă;
   3) este impus debitul maxim defluent ($Q_{d\,max}$).

Pentru toate cazurile sunt cunoscute din interpretarea datelor de studii, hidrograful viiturii de calcul (Q = f(H), precum şi curba caracteristică a capacităţii lacului (W = f(H)), din care se extrage numai partea superioară corespunzătoare volumului de atenuare ($W_{at}$ = f(h)).

*1) Este impus $h_{max}$ şi se cer celelalte elemente ale atenuării.*

Procedeul de calcul este următorul (fig. 8.23):



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

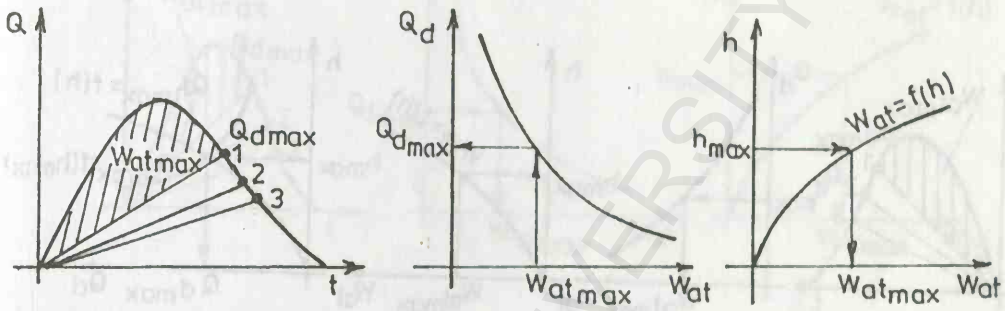



Fig. 8.23. Calculul elementelor atenuării când este impus "$h_{max}$"

- se unesc trei - patru puncte de pe ramura descrescătoare a hidrografului debitelor afluente cu originea obţinându-se pentru fiecare punct care reprezintă un debit defluent maxim, volumul de atenuare maxim;
- cu valorile obţinute se construieşte curba $Q_{d\,max} = f(W_{at\,max})$;
- din curba $W_{at} = f(h)$ se stabileşte pentru $h_{max}$ impus, valoarea volumului de atenuare maxim, adică $W_{at\,max}$;
- cu $W_{at\,max}$ se intră în curba $Q_{d\,max} = f(W_{at\,max})$ şi rezultă: $Q_{d\,max}$;
- deoarece: $Q_{d\,max} = Q_g + Q_{dev.\,max}$ şi cum $Q_g = 0$, fiindcă în această ipoteză funcţionează numai deversorul, rezultă lungimea deversorului:

$$b = \frac{Q_{dev.\,max}}{C\,h_{max}^{3/2}}$$, unde: "C" este o constantă în funcţie de forma deversorului şi cu valorile: C = 2,22 pentru deversoare frontale cu profil practic şi C = 1,55 pentru deversoare laterale cu prag lat.



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

*2) Este impus b şi se cer celelalte elemente*

Procedeul de calcul este (fig. 8.24):

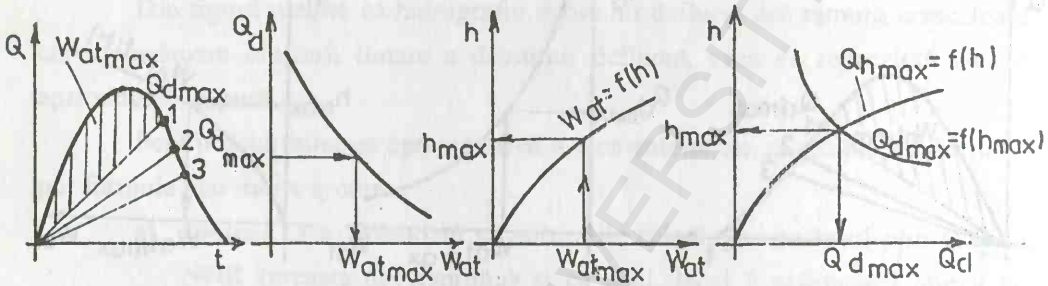



Fig. 8.24. Calculul elementelor atenuării când este impus b

- din hidrograful debitelor afluente se construieşte curba: $Q_{d\,max} = f(W_{at\,max})$; se ştie $Q_{d\,max} = Q_g + Q_{dev,\,max}$ rezultă $Q_{d\,max} = Q_{dev\,max}$ şi $Q_{d\,max} = c \cdot b \cdot h_{max}^{3/2}$ (cunoscând pe b se dau valori lui $h_{max}$ şi rezultă valori ale lui $Q_{d\,max}$);
- din compunerea curbelor $Q_{d\,max} = f(W_{at\,max})$ şi $W_a = f(h)$ se trasează pe graficul cu cheia deversorului, curba $Q_{d\,max} = f(h_{max})$;
- punctul de intersecţie al celor două curbe de pe graficul cu cheia deversorului, marchează prin ordonată, valoarea căutată pentru $h_{max}$, iar prin abscisă valoarea căutată: $Q_{d\,max}$;
- cu valoarea lui $Q_{d\,max}$, rezultă $W_{at\,max}$ de pe curba $Q_{d\,max} = f(W_{at\,max})$.



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

*3) Este impus $Q_{d\,max}$ şi se cer celelalte elemente (fig. 8.25)*

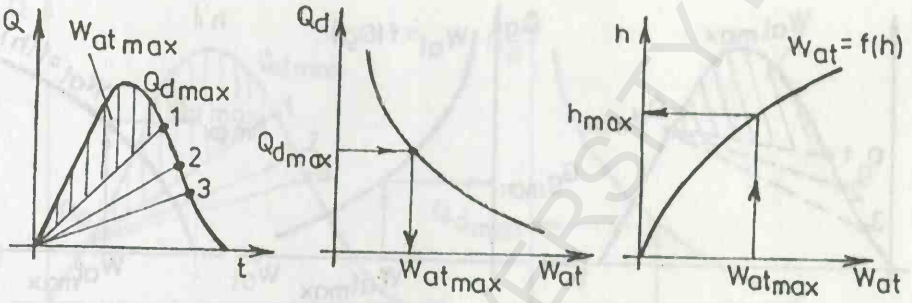



Fig. 8.25 Calculul elementelor atenuării când este impus $Q_{d\,max}$

- cu ajutorul hidrografului debitelor afluente, se construieşte curba $Q_{d\,max} = f(W_{at\,max})$;
- fiind impus $Q_{d\,max}$, rezultă din această curbă valoarea lui $W_{at\,max}$;
- cu valoarea lui $W_{at\,max}$ rezultă $h_{max}$ din curba $W_{at} = f(h)$;
- din relaţia $Q_{d\,max} = c \cdot b \cdot h_{max}^{3/2}$, rezultă b.

b) **Ipoteza a II-a** consideră că funcţionează şi golirea de fund ($Q_g \neq 0$) din momentul începerii viiturii; în această ipoteză se pot întâlni alte două cazuri şi anume:

1. *Se impune $Q_{d\,max}$ şi $W_{at\,max}$;*
2. *Se impune debitul golirii de fund ($Q_g$) corespunzător nivelului normal de retenţie (NNR) şi $W_{at\,max}$*



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

4. *Se impun:* $Q_{d\,max}$ *şi* $W_{at\,max}$ şi se cer celelalte elemente (fig. 8.26)

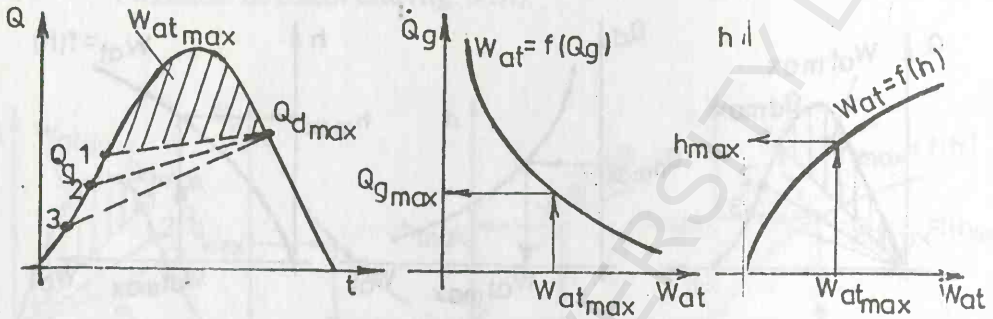



Fig. 8.26 Calculul elementelor atenuării când sunt impuse valorile lui $Q_{d\,max}$ şi ale lui $W_{at\,max}$.

- se aleg pe ramura crescătoare a hidrografului debitelor afluente, trei, patru puncte care se unesc cu punctul de ordonată "$Q_{d\,max}$" de pe ramura descrescătoare a hidrografului; ordonatele golirii de fund pentru nivelul normal de retenţie, iar suprafeţele delimitate pe grafic deasupra liniilor trasate reprezintă volume de atenuare corespunzătoare;
- cu valorile obţinute se construieşte curba: $W_{at} = f(Q_g)$;
- având impus "$W_{at\,max}$" rezultă din această curbă valoarea lui "$Q_{g\,max}$";
- din curba $W_{at} = f(h)$ rezultă "$h_{max}$" pentru $W_{at\,max}$ cunoscut;
- debitul maxim deversat prin descărcătorul de suprafaţă ($Q_{dev\,max}$) se vor obţine din diferenţa: $Q_{dev\,max} = Q_{d\,max} - Q_{g\,max}$;
- având $Q_{dev\,max}$ şi $h_{max}$, rezultă "b" din formula cunoscută a debitului deversat.



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

5. *Se impune:* $Q_g$ *şi* $W_{at}$ *şi se cer celelalte elemente (fig. 8.27).*

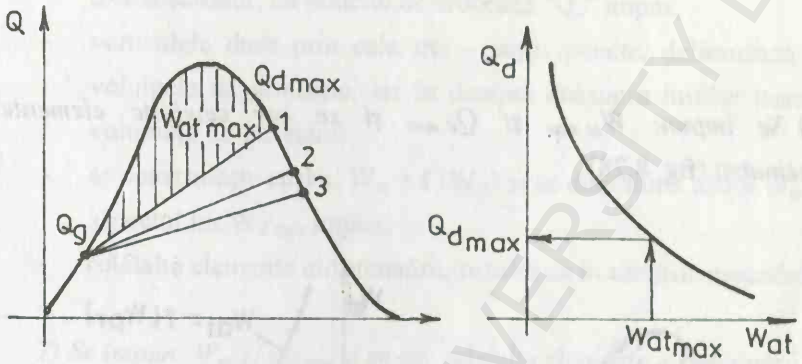



Fig. 8.27. Calculul elementelor atenuării când sunt impuse valorile lui: $Q_g$ şi $W_{at\,max}$

- se uneşte punctul de ordonată $Q_g$ de pe ramura crescătoare a hidrografului debitelor afluente, cu trei - patru puncte de pe ramura crescătoare ale căror ordonate reprezintă diferite valori: $Q_{d\,max}$ şi cărora le corespund diferite valori $W_{at\,max}$;
- se construieşte curba $W_{at\,max} = f(Q_{d\,max})$ şi se intră în această curbă cu $W_{at\,max}$ şi rezultă: $Q_{d\,max}$;
- valorile: $h_{max}$, $Q_{g\,max}$, $Q_{dev\,max}$ şi b, se determină ca în cazul precedent.

c) Când capacitatea de atenuare este formată din ambele volume caracteristice, $W_{pr}$ şi $W_{at}$, determinarea elementelor de calcul ale atenuării se face în ipoteza că funcţionează numai descărcătorul de suprafaţă şi că viitura găseşte lacul cu apă până la NME, pentru două cazuri:

*1) Se impun:* $W_{at\,max}$ *şi* $Q_{d\,max}$ :



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

*2) Se impun: $W_{pr}$ şi $Q_{d\,max}$*

*6) Se impun: $W_{at\,max}$ şi $Q_{d\,max}$ şi se cer celelalte elemente ale atenuării* (fig. 8.28)

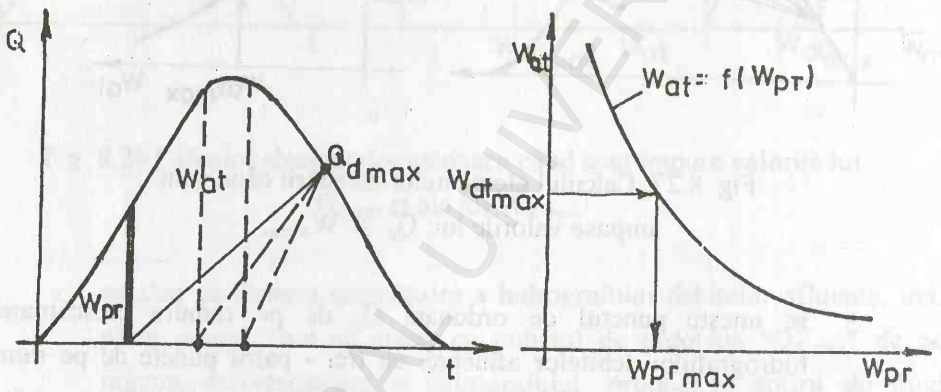



Fig. 8.28. Calculul elementelor atenuării când sunt impuse valorile lui $W_{at\,max}$ şi $Q_{d\,max}$



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- pe hidrograful debitelor afluente se unesc trei - patru puncte situate pe axa absciselor, cu punctul de ordonată "$Q_d$" impus;
- verticalele duse prin cele trei - patru puncte, delimitează în stânga volumele de protecţie, iar în dreapta deasupra liniilor trasate rezultă volumele de atenuare;
- se construieşte curba: $W_{at} = f(W_{pr})$ şi se determină astfel $W_{pr}$ căutat cu aspectul lui $W_{at\,max}$ impus;
- celelalte elemente ale atenuării, rezultă ca în cazurile precedente;

*7) Se impun: $W_{pr}$ şi $Q_{d\,max}$* şi se cer celelalte elemente ale atenuării.

In acest caz se procedează la fel ca în cazul anterior numai că valoarea căutată este a volumului maxim de atenuare.

**B) Metode exacte**

Dintre metodele exacte, cele mai utilizate sunt: metoda grafoanalitică, denumită metoda încercărilor sau metoda calculului riguros şi metoda grafică.

*a) Metoda grafoanalitică a încercărilor* se bazează pe cunoaşterea următoarelor elemente (fig. 8.29): hidrograful debitelor afluente în secţiunea de calcul ($Q_a = f(t)$); partea superioară a curbei capacităţii lacului şi anume ($W_{at} = f(h)$) considerând că lacul este plin până la creasta deversorului (NNR); cheia deversorului $Q_d = f(h)$ construită când cunoaştem lungimea deversorului, dând valori lui "h" şi calculând "$Q_d$"; din ultimele două curbe se construieşte curba $Q_d = f(W_{at})$



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

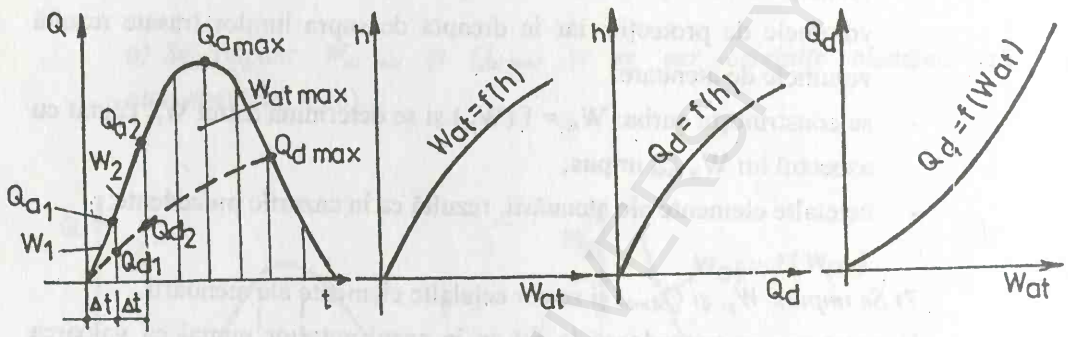



Fig. 8.29. Graficele necesare în calculul elementelor atenuării.

Operaţiile de calcul se succed astfel:

- se discretizează durata viiturii în intervale de timp "Δt" a căror valoare se alege în funcţie de precizia dorită;
- se consideră că viitura găseşte lacul plin până la creasta deversorului şi vana de fund este închisă, deci capacitatea de atenuare a lacului este formată din volumul de atenuare propriu-zis deversabil ($W_{at}$);
- se urmăreşte construirea hidrografului debitelor defluente (linia întreruptă), care la intersecţia cu hidrograful debitelor afluente ne dă valoarea lui $Q_{d\ max}$, iar suprafaţa cuprinsă între cele două hidrografe reprezintă tocmai $W_{at\ max}$ căutat;
- pentru primul interval de timp "Δt" se stabileşte geometric relaţia:



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

$$W_1 = \left(Q_{a_1} - Q_{d_1}\right)\frac{\Delta t}{2}$$

această relaţie are două necunoscute ($W_1$ şi $Q_{d\,1}$) şi se rezolvă prin încercări; se dau diferite valori lui $Q_{d1}$ şi în funcţie de ele se calculează valorile lui $W_1$ şi se verifică rezultatele cu ajutorul curbei $Q_d = f(W_{at})$; când se obţine un punct pe această curbă se trece la pasul următor;

- pentru primele două intervale de timp "$\Delta t$" se stabileşte geometric relaţia:

$$W_2 = W_1 + \left[\left(Q_{a1} - Q_{d1}\right) + \left(Q_{a2} - Q_{d2}\right)\right]\frac{\Delta t}{2}$$

şi această relaţie are două necunoscute ($Q_{d2}$ şi $W_2$) şi se rezolvă prin încercări la fel ca prima ecuaţie; când rezultatele se verifică cu ajutorul curbei $Q_d = f(W_{at})$ se trece la pasul următor;

- reprezentând grafic valorile: $Q_{d1}$, $Q_{d2}$, ... pe hidrograful viiturii se obţine hidrograful debitelor defluente care se intersectează cu ramura descrescătoare a hidrografului debitelor afluente şi rezultă astfel $Q_{d\,max}$ căutat, iar între cele două hidrografe rezultă $W_{at\,max}$ căutat.

*b)* Metoda grafică exactă

Această metodă se bazează pe cunoaşterea aceloraşi elemente ca şi prima metodă şi prezintă avantajul faţă de aceasta că nu necesită încercări. Hidrograful viiturii şi graficul $Q_{d\,max} = f(W_{at})$ au ordonatele la aceeaşi scară şi pentru efectuarea operaţiilor grafice se reprezintă cu absciselе în prelungire, hidrograful fiind situat în partea dreaptă (fig. 8.30).



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

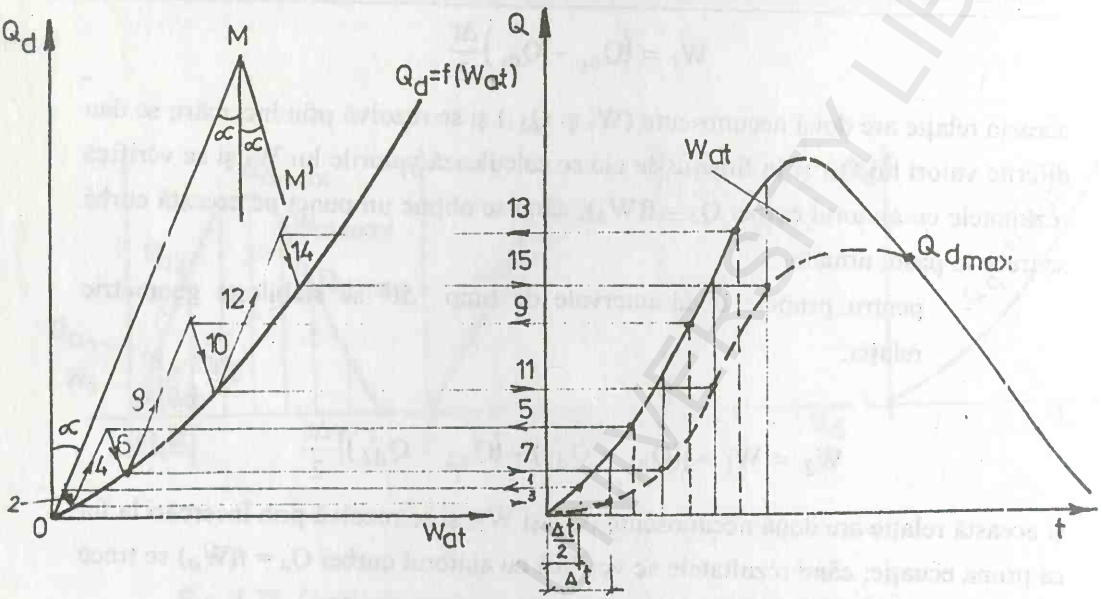



Fig. 8.30. Determinarea lui: $Q_{d\,max}$ şi $W_{at}$

Operaţiile construcţiei grafice se desfăşoară astfel:

- se discretizează durata hidrografului debitelor afluente în intervale de timp "Δt" şi la sfârşitul fiecărui interval se ridică verticale prin linii pline până intersectează hidrograful; de la mijlocul fiecărui interval se ridică verticale întrerupte până când intersectează hidrograful;
- pe graficul $Q_d = f(W_{at})$ se duce o dreaptă OM care face cu ordonata un unghi "α" a cărui tangentă este: $\operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta t}{2}$; din punctul"M" se duce o verticală şi apoi dreapta MM' care face cu verticala acelaşi unghi α;
- metoda constă în tratarea pe cale grafică a ecuaţiei diferenţiale de bază: $dW = (Q_a - Q_d)dt$, care se transformă în diferenţe finite;



BCU IASI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

- de la punctul de intersecţie al primei verticale întrerupte duse la sfârşitul intervalului $\frac{\Delta t}{2}$ cu hidrograful debitului afluent, se duce paralela 21 la abscisă până intersectează dreapta OM; din acel punct se duce dreapta 2 paralelă la MM' până intersectează curba $Q_d = f(W_{at})$; de aici se duc dreptele 3 şi 4 astfel: dreapta 3 paralelă la abscisă până intersectează prima verticală plină după verticala întreruptă de la care s-a pornit, obţinând astfel primul debit defluent şi dreapta 4 paralelă la OM;
- se pleacă de la punctul de intersecţie al celei de-a doua verticale întreruptă cu hidrograful debitelor afluente, cu dreapta 5 paralelă la abscisă până intersectează dreapta 4; din acest punct se duce dreapta 6 paralelă la MM' până intersectează curba $Q_d = f(W_{at})$; de aici se duc dreptele 7 şi 8; dreapta 7 paralelă la abscisă intersectează linia verticală după verticala întreruptă de la care s-a pornit şi se obţine al doilea debit defluent;
- operaţia continuă şi unind punctele astfel obţinute se obţine hidrograful debitelor defluente care se intersectează cu hidrograful debitelor şi rezultă astfel: $Q_{d\,max}$ şi $W_{at\,max}$.

In cazul când capacitatea de atenuare este formată de volumul de protecţie şi volumul de atenuare (deversabil) folosirea metodei grafice exacte se poate face pentru două situaţii:

*1. Situaţia când este impus $W_{pr}$ şi se cere $Q_{d\,max}$ şi $W_{at}$*

In acest caz unda de viitură aferentă realizează umplerea lacului până la momentul $t_1$ prin care trasându-se verticala până la intersecţia cu hidrograful, se delimitează în stânga volumul de protecţie impus (fig. 8.31):

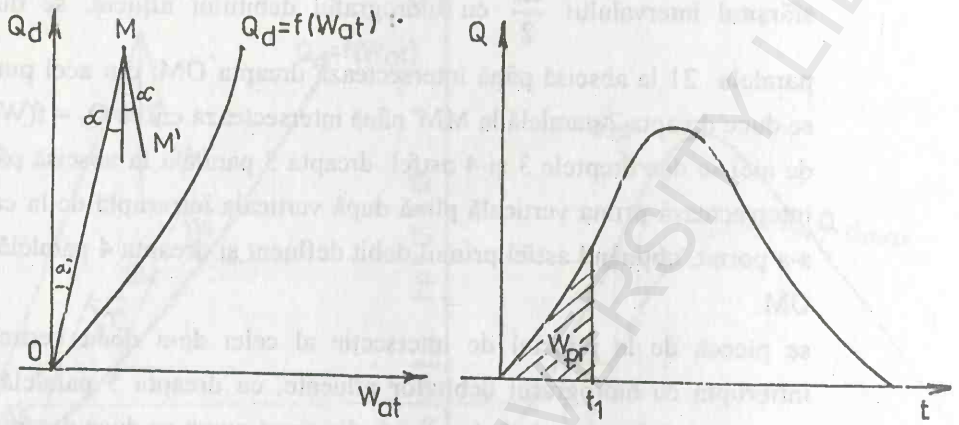



Fig. 8.31. Calculul elementelor atenuării când este impus $W_{pr}$

Începând din acest moment se delimitează intervale de timp "Δt" şi se rezolvă problema prin aceeaşi metoda grafică exactă arătată mai înainte.

2. Situaţia când este impus $Q_{d\,max}$ şi se cere $W_{pr}$ şi $W_{at}$

Aici problema se rezolvă astfel:

- se trasează verticala pe hidrograful din $Q_{d\,max}$ impus şi se determină intervale Δt şi $\frac{\Delta t}{2}$ începând de la această verticală spre stânga (spre originea axelor);
- operaţiile grafice care urmează sunt ca la metoda exactă expusă mai înainte, numai că se face o construcţie inversă aşa cum arată săgeţile din figura 8.32. In punctul unde curba debitului defluent intersectează abscisa; se ridică verticala până întâlneşte hidrograful şi în stânga



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

acestei verticale este delimitat volumul de protecţie căutat, iar deasupra curbei debitelor defluente este volumul de atenuare.

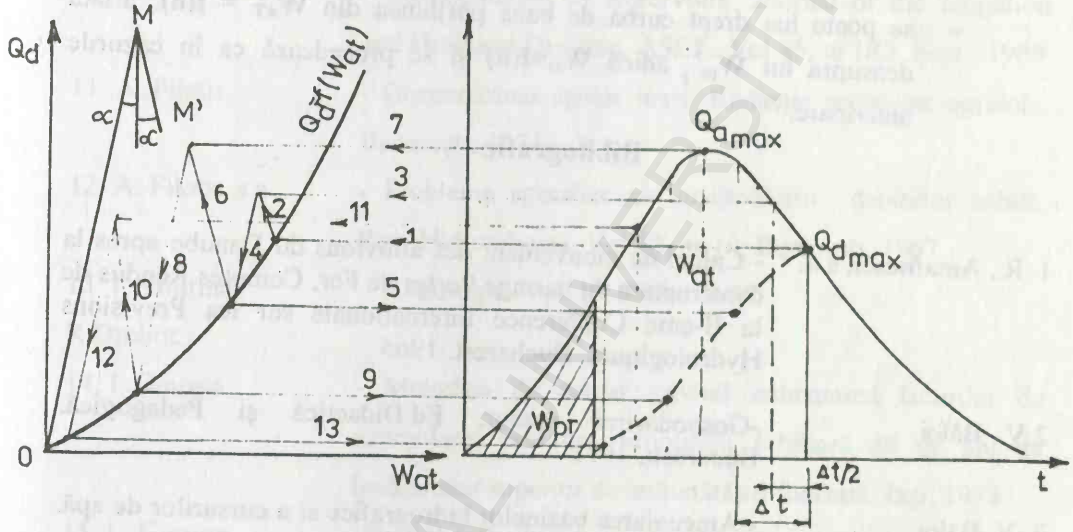



Fig. 8.32. calculul elementelor atenuării când este impus $Q_{d\,max}$

In această situaţie apar dificultăţi la stabilirea curbei $W_{at} = f(h)$, deoarece nu se cunoaşte nivelul crestei deversorului (nu se cunoaşte $W_{pr}$). Pentru aceasta se procedează astfel:

- pe hidrograful viiturii, unind printr-o dreaptă originea axelor cu Qd max de pe ramura descrescătoare a hidrografului, se determină la scară Wat (fără Wpr);
- din curba $W = f(h)$ se extrage curba $W_{AT} = f(h)$ începând de la NME, unde $W_{AT} = W_{pr} + W_{at}$;
- pentru un deversor dimensionat economic în privinţa lui b şi $h_d$ se întocmeşte cheia deversorului, stabilindu-se $h_d$ corespunzător lui $Q_{d\,max}$;

- pe curba $W_{AT} = f(h)$ se intră cu $h_{d\,max}$ începând de la partea superioară corespunzătoare lui $W_{at}$ determinat anterior şi rezultă $W_{pr}$ aproximativ;
- se poate lua drept curbă de bază porţiunea din $W_{AT} = f(h)$, aflată deasupra lui $W_{pr}$, adică $W_{at}=f(h)$ şi se procedează ca în cazurile anterioare.

## Bibliografie


1. R., Amaftiesei, s.a. - Calcul de mouvement des alluvions du Danube apres la construction du barrage Portes de Fer, Comptes Rendus de la II-eme Conference Internationale sur lea Previsions Hydrologiques, Bucharest, 1965

2. V., Băloi, -Gospodărirea apelor, Ed.Didactică şi Pedagogică. Bucureşti, 1971

3. V.,Băloi, - Amenajarea bazinelor hidrografice si a cursurilor de apă. Ed.Ceres, Bucureşti, 1980

4. V.,Băloi, - Combaterea eroziunii solului şi regularizarea cursurilor de apă, Ed.Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1967

5. V.,Băloi, N.,Popovici, I.,Giurma, - Indrumator pentru întocmirea proiectelor de regularizarea cursurilor de apă. I.P.Iaşi, 1978

6. C., P., Benedict,s.a. - Sediment Control Methods. Jurnal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol.99, nr.1, 1973

7. V., Breabăn, - Amenajări hidroenergetice, Universitatea Ovidius. Constanţa, 1997

8. G.,M.,Brune, - Trop Efficiency of Reservoirs.Transactions of the American Geophysical Union, Vol.34, nr.3, 1953

9. B., Daryl, s.a. - Sediment transport technology, Water resources publications, Fort-Collins, Colorado, USA,1977

10. M.I.C.Dos, s.a. - Sedimentation of Reservoirs, Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol.95, nr IR3, Sept., 1969

11. A.,Filotti, - Gospodărirea apelor mari, Redacţia revistelor agricole, Bucureşti, 1971

12. A. Filotti, s.a. - Probleme specifice ale gospodăririi debitelor solide, Rev. Hidrotehnica, Vol.12, nr.10, Bucureşti, 1967

13. I., Giurma, R.Drobot, - Hidrologie, Vol. I, I.P.Iaşi, 1987

14. I.,Giurma, - Metodica de calcul privind colmatarea lacurilor de acumulare, Sesiunea Stiinţifică Jubiliară 30 de ani de învăţământ superior de îmbunătăţiri funciare, Iaşi, 1978

15. I., Giurma -Studiul influenţei bazinelor de recepţie asupra procesului de colmatare din lacurile de acumulare mijlocii şi mici, Rev. Hidrotehnica, Vol.28, nr.1, Bucureşti, 1983

16. I.Giurma, s.a. - The prognosys of the silting in some reservoirs lakes, Buletinul I.P.Iaşi, Tomul XXX( XXXIV), Fascicol 1-4, Secţia V, Iaşi, 1984

17. I.,Giurma, V.,Hogea, - The generating of chronological values with constant step ( one year ), using a known sequence of hydrological data, Bul.I.P.Iaşi, Tom XXXI(XXXV), Fascicol 1-4, Secţiunea V, Iaşi, 1984



BCU IAŞI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

18. I.,Giurma, V.,Hogea, - Contribuţii la generarea de şiruri de valori hidrologice, care se succed cronologic, Hidrotehnica, nr.5, 30, Bucureşti ,1985

19. S.,Hâncu, s.a. - Aplicaţie a simulării numerice la studiul măsurilor de limitare a comatării sau de decolmatarea lacurilor de acumulare, Hidrotehnica, nr.25, 11, Bucureşti, 1980

20. S., Hâncu, s.a. - Simularea numerică a viiturilor pe Dunăre în regim actual, cu aplicaţii în analiza hidrografică şi în calculele hidraulice privind regimul barat, Hidrotehnica, nr.20, 6, Bucureşti, 1975

21. Fl., Ionescu, s.a. - Modelarea matematică a sedimentării acumulărilor, Documentare curenta CIDH, Protecţia Mediului, Resurse de apă şi gospodărirea apelor, Seria A, nr. 5, 1974

22. Fl., Ionescu, s.a. - Studiul mişcării aluviunilor, Studii hidraulice pentru SHEN Porţile de Fier, Bucureşti-Belgrad, 1971

23. R,K,Lara - Revision og the procedure to Compute Sediment Distribution in Large Reservoirs, U.S. Dept. of Interior, Bureau of Reclamation, 1962

24. R,K, Linsley s.a. - Water Resources Enginneering, Mc Graw-Hill, New-York, 1964

25. T.,C.,Lebreten, - Dynamisme fluviale, Ed. Eyrolles, Paris, 1974

26. N., Mantz, s.a. - Baraje de pământ şi bazine de retenţie în agricultură, Ed. Agrosilvică, Bucureşti, 1965



BCU IAŞI CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

27. T..Nicolae, -Situaţia actuală şi probleme de dezvoltare în cercetarea lacurilor, Hidrotehnica, vol.12,nr.4, 1967

28. I..Oană, a., - Utilizarea unui model matematic determinist pentru studiul colmatării unor lacuri din cascada de pe râul Olt. Hidrotehnica, vol.29, nr.5, Bucureşti, 1984

29. V.B.Poliakov, - Calcule hidrologice la proiectarea instalaţiilor pe râuri cu bazine mici, Ed Tehnică, Bucureşti, 1953

30. E..Răzvan, -Ecuaţia mişcării neuniforme a unui curent de densitate cu aplicare la prevenirea sedimentării acumulărilor, Studii şi cercetări de mecanică aplicată, Ed.Academiei, nr.5, 1973

31. E. Razvan, s.a. - Despre sedimentarea acumulărilor, Documentare curenta CIDH, Seria A, Protecţia Mediului, Resurse, nr. 4, 1974

32. P.Şerban, s.a. -Hidrologie dinamică, Ed.Tehnică, Bucureşti, 1989

33. I..Vladimirescu, -Hidrologie, Ed.Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1978

34. O..Yucel, - Bed Load Deposition in Reservoirs, XV-th Congress, IAMR, Istambul, 1973



BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

BCU IASI/CENTRAL UNIVERSITY LIBRARY

40,000

Autorul acestei lucrări, prof. univ. dr. ing. Ion Giurma, este absolvent al Universităţii Tehnice "Gh. Asachi" din Iaşi, Facultatea de Hidrotehnică din anul 1972. Are titlul ştiinţific de doctor inginer din anul 1980 şi este profesor la Facultatea de Hidrotehnică a Universităţii Tehnice "Gh. Asachi" din Iaşi.

**Activitate ştiinţifică şi publicistică:**

- cărţi şi articole publicate (11 manuale) din care de referinţă:
  - "Hidrologie", Vol. I, I.P. Iaşi, Rotaprint, 1987 (Bibliotecă UT Iaşi);
  - "Hidrologie", Vol. II, I.P. Iaşi, Rotaprint, 1990 (Bibliotecă UT Iaşi);
  - "Colmatarea lacurilor de acumulare", S_JEP 09781/95, Gestion et Protection de la Ressource en eau, H.G.A.Bucureşti, 1997.
- Studii şi articole publicate în reviste din ţară şi străinătate: 110;
- Lucrări ştiinţifice comunicate la congrese, simpozioane: 43;
- Contracte de cercetare ştiinţifică: 52 de contracte ca responsabil de temă, majoritatea lor fiind din domeniul Hidrologiei, Gospodăririi Apelor şi Protecţiei Mediului.

**Activitate de inventică:**

- 18 brevete de invenţii în domeniul Hidrologiei, Gospodăririi Apelor şi Protecţiei Mediului;
- 2 medalii de aur şi 2 de argint la Saloanele Mondiale şi Internaţionale de la Geneva 1995 şi Bruxelles 1996;
- medalia de bronz a Societăţii Maghiare de Hidrologie;
- 2 medalii de aur şi una de bronz obţinută la Salonul Mondial al Inovaţiilor din domeniul Apei, Casablanca, februarie, 1998;
- Marele premiu al Regelui Marocului Hassan II, pentru invenţii în domeniul protecţiei Mediului obţinut la Salonul Mondial al Inovaţiilor din domeniul Apei, Casablanca, februarie, 1998;
- 2 medalii de aur, la Salonul Internaţional "Brussels EUREKA", 1999.

**Lista granturilor câştigate prin competiţie:**

- Contribuţii privind îmbunătăţirea exploatării unor lacuri de acumulare din Moldova în condiţiile actuale, A 20502/1995;
- Faza I. Sistemul informaţional-decizional în gospodărirea apelor şi protecţia mediului în ţara noastră, proiectarea unor aparate concepute de autori pentru determinarea unor parametri ai factorilor de mediu, B 16501/1995;
- Faza a II-a. Sistemul informaţional-decizional al gospodăririi apelor şi protecţiei mediului în ţara noastră, completat cu noile concepţii privind colectarea fluxului informaţional, A 34489/1996;
- Cercetări privind atenuarea colmatării lacurilor de acumulare 1996 "Stadiul actual al cercetărilor şi analiza cantitativă a procesului de colmatare", A 40488/1996;
- Soluţii constructive eficiente de amenajare a formaţiunilor torenţiale. Etapa 1998 – soluţii noi de amenajare, A 2491/1998;
- Cercetări privind monitorizarea factorilor de mediu din zonele urbane – C/1998 (Banca Mondială);
- Soluţii constructive eficiente de amenajare a formaţiunilor torenţiale. Etapa 1999 A/1 999.

**Alte activităţi:**

- Conducător de doctorat în domeniul de specialitate "Construcţii Hidrotehnice" cu 5 doctoranzi şi 8 doctorate finalizate;
- Coordonator local la programele: TEMPUS S_JEP 08246-94, TEMPUS S_JEP 09781-95, TEMPUSJEP 9486-96 CESNET, TEMPUS M_JEP 11341-96 WATERMOST;
- Expert Tehnic în domeniile: Construcţii şi Amenajări Hidrotehnice (A7, B5, D), Certificat de atestare seria N, Nr. 04783, MLPAT şi Construcţii pentru Îmbunătăţiri Funciare (A9, B7, D7) Certificat de atestare seria E, Nr. 275, MLPAT.

**ISBN: 973-8000-19-X**

BCU "GHEORGHE ASACHI" LIBRARY